DIALÉCTICA
DE LA NATURALEZA

FEDERICO ENGELS

[ESBOZOS PARA UN PLAN]

[ESBOZO DE UN PLAN DE CONJUNTO][1]

1. Introducción histórica: el propio desarrollo de las ciencias naturales hace que sea ya imposible, la concepción metafísica de estas ciencias.

2. Trayectoria del desarrollo teórico en Alemania desde Hegel (viejo prólogo).[2] El retorno a la dialéctica se opera de un modo inconsciente y, por tanto, lento y lleno de contradicciones.

3. La dialéctica, como ciencia de la concatenación total. Leyes fundamentales: trueque de cantidad y cualidad; mutua penetración de las antítesis polares y trueque de la uno en la otra, si se las lleva hasta su extremo; desarrollo a través de la contradicción, o negación de la negación; forma de desarrollo en espiral.

4. Trabazón entre las diversas ciencias. Matemáticas, mecánica, física, química, biología. St. Simon (Comte) y Hegel.

5. *Aperçus* [reflexiones, observaciones] acerca de las distintas ciencias y de su contenido dialéctico:

  1. Matemáticas: medios auxiliares y giros dialécticos. Existencia real del infinito matemático;
  2. Mecánica celeste, ahora reducida a un *proceso.* Mecánica: partiendo de la inercia, que no es sino la expresión negativa de la indestructibilidad del movimiento;
  3. Física: tránsitos de unos movimientos moleculares en otros. Clausius y Loschmidt;
  4. Química: teorías. La energía;
  5. Biología. Darvinismo. Necesidad y casualidad.

6. Los límites del conocimiento. Du Bois-Reymond y Nägeli. Helmholtz, Kant, Hume.
7. La teoría mecanicista. Haeckel.
8. El alma de la plastídula:[3] Haeckel y Nägeli.
9. Ciencia y enseñanza: Virchow.[4]
10. El estado celular: Virchow.
11. Política y sociología darvinistas: Haeckel y Schmidt.[5] Diferenciación del hombre por el *trabajo.* Aplicación de la economía a las ciencias naturales. El *"trabajo"* de Helmholtz *(Populäre Vorträge* [Conferencias de divulgación], II).[6]

[ESBOZO DE UN PLAN PARCIAL][7]

1. El movimiento, en general.

2. Atracción y repulsión. Transmisión del movimiento.

3. [Ley de la] conservación de la energía, aplicada a esto. Repulsión + atracción.—Adición de repulsión = energía.

4. Gravitación; cuerpos celestes; mecánica terrestre.

5. Física. Calor. Electricidad.

6. Química.

7. Resumen.

a) Antes de 4: Matemáticas. Línea infinita. + y — iguales.
b) En astronomía: trabajo que rinden las mareas.

Calculo doble en Helmholtz, II, 120.[8]
"Fuerzas" en Helmholtz, II, 190.[9]

[ARTICULOS]

INTRODUCCION [1]

La moderna investigación de la naturaleza es la única que ha logrado un desarrollo científico, sistemático, en todos y cada uno de sus aspectos, por oposición a las geniales intuiciones de los antiguos en torno a la filosofía de la naturaleza y a los descubrimientos extraordinariamente importantes, pero esporádicos y en su mayor parte estériles, de los árabes; la investigación moderna de la naturaleza data, como toda la historia moderna, de aquella formidable época a que los alemanes, por la desgracia nacional que en aquel tiempo experimentamos, damos el nombre de la Reforma y que los franceses llaman el Renacimiento y los italianos el Cinquecento,[2] sin que ninguno de estos nombres la exprese en su totalidad. Es la época que arranca de la segunda mitad del siglo XV. La monarquía, apoyándose en los habitantes de las ciudades, destrozó el poder de la nobleza feudal y fundó los grandes reinos, erigidos esencialmente sobre una base nacional, en los que habrían de desarrollarse las modernas naciones europeas y la moderna sociedad burguesa; y cuando todavía los burgueses y la nobleza andaban a la greña, la guerra de los campesinos alemanes[3] apuntó proféticamente a las futuras luchas de clases, no sólo al sacar a la palestra a los campesinos sublevados -pues esto no era nada nuevo-, sino al poner de manifiesto, detrás de ellos, los comienzos del proletariado actual, tremolando la bandera roja y pronunciando la reivindicación de la comunidad de bienes. En los códices salvados de la caída de Bizancio y en las estatuas antiguas desenterradas de entre las ruinas de Roma vieron los ojos asombrados del Occidente surgir un mundo nuevo, el mundo de la antigüedad griega; ante sus luminosos contornos se esfumaban los espectros de la Edad Media; Italia alcanzó un insospechado esplendor de las artes, que era como un reflejo de la antigüedad clásica y que ya nunca volvería a lograrse. En Italia, en Francia, en Alemania surgió una nueva literatura, la literatura moderna; poco después, vivieron Inglaterra y España su período literario clásico. Cayeron por tierra las barreras del Orbis terrarum;[4] fue ahora cuando, en rigor, se descubrió la tierra y se echaron con ello los cimientos para lo que sería el comercio mundial y para el paso del artesanado a la manufactura, que, a su vez, serviría de punto de

partida para la gran industria moderna. Se derrumbó la dictadura espiritual de la Iglesia; los pueblos germánicos la rechazaron directamente, en su mayoría, y abrazaron el protestantismo, al paso que entre los pueblos latinos iba arraigando cada vez más un luminoso espíritu libre heredado de los árabes y nutrido por la filosofía griega recién descubierta, que preparaba el terreno para el materialismo del siglo XVIII

Era la más grandiosa transformación progresiva que la humanidad había vivido hasta entonces, una época que requería titanes y supo engendrarlos; titanes, por su vigor mental, sus pasiones y su carácter, por la universalidad de sus intereses y conocimientos y por su erudición. Los hombres que fundaron la moderna dominación de la burguesía eran todo menos gentes burguesamente limitadas. Lejos de ello, en todos dejó su huella más o menos marcada el carácter aventurero de la época en que les tocó vivir. Casi todos los hombres descollantes de aquel tiempo emprendieron grandes viajes, hablaban cuatro o cinco lenguas y brillaban en varias disciplinas de conocimiento. Leonardo de Vinci no era solamente un gran pintor, sino también un gran matemático, mecánico e ingeniero, a quien deben importantes descubrimientos las más diferentes ramas de la física; Alberto Durero era pintor, grabador, escultor y arquitecto e inventó, además, un sistema de fortificaciones en que se contenían ya algunas de las ideas que mucho más tarde serían renovadas por Montalembert y los modernos ingenieros alemanes. Maquiavelo era estadista, historiador, poeta y, a la par con ello, el primer notable escritor militar de los tiempos modernos. Lutero no limpió solamente los establos de Augías de la Iglesia, sino también los de la lengua alemana, creó la prosa alemana moderna y compuso el texto y la melodía de aquel grandioso coral en que resuena el tono seguro de la victoria y que es como la Marsellesa del siglo XVI. Y es que los héroes de aquel tiempo no vivían aún esclavizados por la división del trabajo, cuyas consecuencias apreciamos tantas veces en el raquitismo y la unilateralidad de sus sucesores. Pero lo que sobre todo los distingue es el hecho de que casi todos ellos vivían y se afanaban en medio del torbellino del movimiento de su tiempo, entregados a la lucha práctica, tomando partido y peleando con los demás, quiénes con la palabra y la pluma, quiénes con la espada en la mano, quiénes empuñando la una y la otra. De ahí aquella fuerza y aquella plenitud de carácter que hace de ellos hombres de una pieza. Los eruditos de gabinete eran una excepción: unos, gentes de segunda o tercera fila; otros, cautelosos filisteos, que no querían quemarse los dedos.

La investigación de la naturaleza se movía también, por aquellos días, en medio de la revolución general y ella misma era en todo y por todo revolucionaria; no en vano tenía que empezar por conquistarse, luchando, el derecho a la vida. Mano a mano con los grandes italianos de los que data la filosofía moderna, dio al mundo sus mártires en las hogueras y en las cárceles de la Inquisición. Y, en este punto, es harto significativo el hecho de que los protestantes se adelantaran a los católicos en la persecución desatada contra la libre investigación de la naturaleza. Calvino quemó a Miguel Servet cuando éste estaba a punto de descubrir la circulación de la sangre, dejándolo tostarse vivo por espacio de dos horas; por lo menos, la Inquisición se contentó con achicharrar pura y simplemente a Giordano Bruno.

El acto revolucionario con que la investigación de la naturaleza declaró su independencia y repitió, en cierto modo, la quema de las bulas por Lutero fue la edición de la obra inmortal con que Copérnico -que no tenía nada de temerario y que, además, se hallaba ya, por así decirlo, en su lecho de muerte- arrojó el guante a la autoridad eclesiástica en lo tocante a las cosas de la naturaleza. De entonces data la emancipación de las ciencias naturales con respecto a la teología, aunque el debate para deslindar las mutuas pretensiones llegue hasta nuestros mismos días y en ciertas cabezas aún no se haya ventilado del todo, ni mucho menos. Pero, a partir de entonces, el desarrollo de las ciencias comenzó a avanzar con paso gigantesco, ganando en fuerza, en la proporción del cuadrado de la distancia (en el tiempo) con respecto al punto de partida. Era como si se tratara de demostrar al mundo que, a partir de ahora, regía para el producto más alto de la materia orgánica, para el espíritu humano, la ley de movimiento inversa a la de la materia inorgánica.

La tarea principal que se planteaba en el período inicial de la ciencia de la naturaleza, ya en sus albores, era el llegar a dominar la materia más al alcance de la mano. En la mayoría de los campos, fue necesario comenzar por los mismos rudimentos. La antigüedad nos había legado a Euclides y el sistema solar de Tolomeo, los árabes nos habían dejado la numeración decimal, los rudimentos del álgebra, los números modernos y la alquimia; la Edad Media cristiana no había dejado tras sí absolutamente nada. En esta situación, necesariamente tenía que ocupar el primer lugar la ciencia más elemental de la naturaleza, la mecánica de los cuerpos terrestres y celestes, y junto a ella y a su servicio el descubrimiento y el perfeccionamiento de los métodos matemáticos. En estos campos, se lograran grandiosos resultados. Al final del período, presidido por los nombres de Newton y Linneo, encontramos estas

ramas de la ciencia ya hasta cierto punto redondeadas. Se fijan en sus fundamentales rasgos los métodos matemáticos más esenciales; la geometría analítica culmina, principalmente, gracias a Descartes, los logaritmos se desarrollan gracias a Neper, el cálculo diferencial e integral gracias a Leibniz y tal vez a Newton. Y lo mismo podemos decir de la mecánica de los cuerpos sólidos, cuyas leyes principales se ponen en claro de una vez por todas. Por último, en la astronomía del sistema solar descubre Képler las leyes del movimiento planetario y Newton las reduce al punto de vista de las leyes generales del movimiento de la materia. Las demás ramas de la ciencia de la naturaleza distaban mucho de haber llegado todavía ni siquiera a esta culminación provisional. La mecánica de los cuerpos fluidos y gaseiformes no llegó a desarrollarse un poco más sino hasta el final del período.* La verdadera física se hallaba todavía en mantillas, exceptuando la óptica, cuyos progresos excepcionales fueron determinados por las exigencias prácticas de la astronomía. La química comenzaba apenas a emanciparse de la alquimia, gracias a la teoría flogística.[5] La geología aún no había salido de la fase embrionaria de la mineralogía; era natural que la paleontología no pudiese ni siquiera existir, por aquel entonces. Finalmente, en el campo de la biología aún no se trabajaba a fondo en la recopilación y clasificación inicial del inmenso material existente, tanto el botánico y el zoológico como el anatómico y el fisiológico en sentido estricto. Apenas podía siquiera hablarse de la comparación entre las diversas formas de la vida, de la investigación de su expansión geográfica, de sus condiciones de vida climatológicas, etc. Solamente la botánica y la zoología llegaron a resultados más o menos concluyentes, gracias a Linneo.

Pero lo que caracteriza especialmente a este período es el haber llegado a desentrañar una peculiar concepción de conjunto, cuyo punto central es la idea de la *absoluta inmutabilidad de la naturaleza.* Cualquiera que fuese el modo como había surgido, la naturaleza, una vez formada, permanecía durante todo el tiempo de su existencia tal y como era. Los planetas y sus satélites, una vez puestos en movimiento por el misterioso "impulso inicial", seguían girando eternamente o, por lo menos, hasta el fin de todas las cosas, dentro de las elipses previamente establecidas. Las estrellas descansaban para siempre, fijas e inmóviles, en sus puestos, sosteniéndose las unas a las otras por la "gravitación universal". La tierra había permanecido invariable desde siempre o (según los casos) desde el primer día de la creación. Los "cinco continentes"

* *Al margen del manuscrito, aparece a lápiz esta anotación de Engels:* "Torricelli, con motivo de la regulación de la corriente de los ríos de los Alpes." *N. del ed.*

conocidos habían existido siempre; las montañas, los valles y los ríos no habían sufrido variaciones; siempre habían existido el mismo clima, la misma flora y la misma fauna, fuera de los casos en que la mano del hombre se había ocupado de modificarlas o trasplantarlas. Las especies vegetales y animales habían quedado establecidas de una vez para siempre al nacer; lo igual engendraba continuamente lo igual, y ya era mucho el hecho de que Linneo admitiera la posibilidad de que de vez en cuando surgieran nuevas especies por medio del cruzamiento. Por oposición a la historia de la humanidad, que se desarrollaba en el tiempo, a la historia de la naturaleza se le asignaba solamente un desarrollo en el espacio. Se negaba en la naturaleza todo lo que fuese cambio y desarrollo. Las ciencias naturales, al comienzo tan revolucionarias, se enfrentaban de pronto con una naturaleza totalmente conservadora, en la que todo seguía siendo hoy lo mismo que había sido ayer y siempre y en la que todo -hasta el fin del mundo o por toda una eternidad- seguiría siendo como siempre y desde el comienzo mismo había sido.

Todo lo que las ciencias naturales de la primera mitad del siglo XVIII estaban por encima de la antigüedad griega en punto al conocimiento e incluso a la clasificación de la materia, se hallaban por debajo de ella en cuanto al modo de dominarla idealmente, en cuanto a la concepción general de la naturaleza. Para los filósofos griegos, el mundo era algo que había surgido, esencialmente, del caos, que se había desarrollado, que había nacido. En cambio, para los naturalistas del período que estamos estudiando era algo petrificado e inmutable y, para la mayoría de ellos, además, algo que había sido creado de golpe. La ciencia sigue hundiéndose profundamente aún en las simas de la teología. Por todas partes busca y encuentra un impulso recibido desde fuera, que no es posible explicar por la naturaleza misma. Aunque la atracción, que Newton bautiza con el pomposo nombre de gravitación universal, se conciba como una cualidad esencial de la materia, ¿de dónde nace la inexplicable fuerza tangencial que traza las órbitas de los planetas? ¿Cómo han surgido las innumerables especies vegetales y animales? ¿Y cómo ha aparecido el hombre mismo, del que se sabe, desde luego, que no ha existido eternamente? La ciencia de la naturaleza contestaba con harta frecuencia a estas preguntas remitiéndose al creador de todas las cosas. Copérnico inicia este período con la repulsa de la teología; Newton lo cierra sentando el postulado del inicial impulso divino. La suprema idea general a que se remontaba esta ciencia de la naturaleza era la idea finalista de las instituciones naturales, aquella vacua teleología wolffiana según la cual los gatos habían sido creados para comerse a los ratones, los

ratones para ser comidos por los gatos y la naturaleza toda para poner de manifiesto la sabiduría del creador. Y hay que decir que mucho honra a la filosofía de aquel tiempo el que no se dejase extraviar por el estado limitado de los conocimientos de la naturaleza contemporáneos, el que, por el contrario -desde Spinoza hasta los grandes materialistas franceses- insistiese en explicar el mundo por sí mismo, dejando que las ciencias naturales del futuro se encargaran de fundamentar en detalle esta explicación.

Incluyo en este período a los materialistas del siglo XVIII, porque no disponían, en lo tocante a la ciencia de la naturaleza, de otro material que el que hemos descrito más arriba. El estudio de Kant, que hizo época, seguía siendo un misterio para ellos y Laplace vino más tarde. No olvidemos que esta manera anticuada de concebir la naturaleza, aunque agrietada por todas partes gracias al progreso de la ciencia, siguió dominando toda la primera mitad del siglo XIX y aún es hoy el día en que, en lo fundamental, se la sigue profesando en todas las escuelas.*

El primero que abrió una brecha en esta concepción petrificada de la naturaleza fue, no un naturalista, sino un filósofo. En 1755 apareció la *Historia general de la naturaleza y teoría del cielo,* de Kant. El problema del impulso inicial quedaba eliminado; la tierra y todo el sistema solar aparecían como algo que había ido *formándose* en el transcurso del tiempo. Si la gran mayoría de los naturalistas de aquel tiempo hubiesen sentido un poco menos de horror al pensamiento expresado por Newton en la admonición: "¡Oh, física,

* De qué modo tan inconmovible puede seguir aferrado a esta concepción un hombre cuyas realizaciones científicas han suministrado elementos sumamente importantes para superarla, lo revelan las siguientes clásicas palabras:

"Todas las instituciones de nuestro sistema solar indican, en cuanto podemos penetrar en ellas, el mantenimiento de lo existente y su permanencia inmutable. Del mismo modo que ningún animal, ninguna planta de la tierra son, desde los tiempos más antiguos, más perfectos de lo que eran u otros distintos; del mismo modo que, en todos los organismos, sólo observamos relaciones *entre* sí, pero no relaciones de *sucesión,* y que nuestra propia especie se ha mantenido invariable desde el punto de vista físico, tampoco la más inmensa variedad de los cuerpos cósmicos coexistentes nos autoriza a ver en estas formas diferentes fases de desarrollo. sino que, por el contrario, todo lo creado es *igualmente* perfecto en sí." (Mädler, *Populäre Astronomie* ["Astronomía popular"], Berlín, 1861, 5a edición, pág. 316*).* [*Nota de Engels.*]

Al margen del manuscrito, aparece esta anotación a lápiz: "La firmeza de la vieja concepción de la naturaleza servía de base para compendiar de un modo universal toda la ciencia natural, vista en su conjunto. Los enciclopedistas franceses, todavía en una yuxtaposición puramente mecánica, y lo mismo simultáneamente, St. Simon y la filosofía alemana de la naturaleza, llevada a su término por Hegel." *N. del ed.*

guárdate de la metafísica!", hubieran podido extraer de este solo descubrimiento genial de Kant conclusiones que les habrían ahorrado interminables extravíos y cantidades inmensas de tiempo y esfuerzo malgastados en falsas direcciones. El descubrimiento de Kant encerraba, en efecto, lo que sería el punto de partida de todo progreso ulterior. Si la, tierra era el resultado de un proceso de formación, también tenían que serlo necesariamente su actual estado geológico, geográfico y climático, sus plantas y sus animales; esto quería decir que la tierra debía necesariamente tener una historia no sólo en el espacio, en orden de extensión, sino también en el tiempo, en orden de sucesión. De haberse seguido investigando en esta dirección inmediatamente y de un modo resuelto, la ciencia de la naturaleza se hallaría al presente mucho más avanzada de lo que se halla. Pero, ¿acaso podía venir algo bueno de la filosofía? El estudio de Kant no se tradujo en resultado inmediato alguno, hasta que, muchos años después, Laplace y Herschel desarrollaron y fundamentaron con mayor precisión su contenido, abriendo camino con ello, poco a poco, a la "hipótesis nebular".[6] Posteriores descubrimientos dieron, por último, el triunfo a esta teoría; citaremos entre los más importantes el movimiento propio de las estrellas fijas, la demostración de un medio resistente en el espacio cósmico y la prueba, obtenida por medio del análisis espectral, de la indentidad química de la materia cósmica y de la existencia de masas candentes de niebla como las que hipotéticamente habría supuesto Kant.*

Cabe, sin embargo, dudar de que la mayoría de los naturalistas hubieran llegado a percatarse enseguida de la contradicción que entrañaba el admitir que la tierra cambia, al paso que los organismos que en ella moran son inmutables, a no ser porque la vaga idea de que la tierra no *es,* sino que *deviene,* se *desarrolla* y *perece,* se vio reforzada por otro conducto. Al surgir la geología, vino a demostrar que no sólo existían estratos sucesivos y superpuestos, sino que, además, se desenterraban en ellos caparazones y esqueletos de animales desaparecidos y troncos, hojas y frutos de plantas que ya no se conocían. No hubo más remedio que reconocer la evidencia: no sólo la tierra en su conjunto, sino también las plantas y los animales que en ella vivían tenían su historia, desarrollada en el tiempo. Esta evidencia, al principio, se reconoció, sin embargo, de bastante mala gana. La teoría de las revoluciones de la tierra, formulada por Cuvier, era una teoría revolucionaria de nombre, pero reaccionaria de hecho. En vez de *una* gran creación divina, se admitía toda una serie

* *Al margen del manuscrito, figura esta nota a lápiz:* "También se comprende ahora por primera vez, gracias a Kant, la resistencia a la rotación de la Tierra por efecto de las mareas." *N. del ed.*

de reiterados actos de creación, convirtiendo el milagro en palanca esencial de la naturaleza. Fue Lyell el primero que hizo entrar en razón a la geología, al sustituir las bruscas revoluciones debidas al capricho del creador por los resultados graduales de una lenta transformación de la tierra.*

La teoría de Lyell era aún más incompatible con la hipótesis de especies orgánicas constantes que cuantas la habían precedido. La transformación gradual de la superficie de la tierra y de todas las condiciones de vida llevaba directamente aparejada la gradual transformación de los organismos y su adaptación al medio cambiante, la mutabilidad de las especies. Pero la tradición no sólo es una potencia en la Iglesia católica; también lo es en las ciencias naturales. El propio Lyell se pasó largos años sin acertar a ver la contradicción, y menos aún la vieron sus discípulos. Ello sólo puede explicarse por la división del trabajo que entre tanto había ido imponiéndose en el campo de las ciencias naturales, la cual limitaba los horizontes de cada investigador, en mayor o menor medida, a su especialidad, sin permitirle, salvo en casos excepcionales, remontarse a una visión de conjunto.

Mientras tanto, había logrado la física grandes progresos, cuyos resultados fueron resumidos casi al mismo tiempo por tres diferentes personalidades en 1842, año que hizo época en esta rama de las ciencias naturales.[7] Mayer, en Heilbronn, y Joule, en Manchester, pusieron de manifiesto la mutación del calor en fuerza mecánica y de ésta en calor. Y, al establecerse la equivalencia mecánica del calor, quedó fuera de toda duda este resultado. Al mismo tiempo, Grove[8] -que no era naturalista de profesión, sino un abogado inglés- demostró, mediante la simple elaboración de los resultados físicos sueltos ya adquiridos, el hecho de que todas las llamadas fuerzas físicas, la fuerza mecánica, el calor, la luz, la electricidad, el magnetismo y hasta la misma llamada fuerza química, se trocaban en determinadas condiciones la una en la otra, sin producirse cambio de fuerza alguno, con lo que venía a corroborarse, andando el tiempo, por la vía física, la tesis cartesiana de que la cantidad de movimiento existente en el universo es invariable. Con ello, las fuerzas físicas específicas, los "tipos" inmutables de la física, por así decirlo, se reducían a distintas formas de movimiento de la materia, formas diferenciadas y que se convertían las unas en las otras con sujeción a determinadas leyes.

* La falla de la concepción de Lyell -por lo menos, bajo su primera forma- estribaba en concebir las fuerzas que actuaban sobre la tierra como constantes, tanto cualitativa como cuantitativamente. No existe para él el enfriamiento de la tierra; ésta no se desarrolla en una dirección determinada, sino que cambia pura y simplemente de un modo incoherente y casual. [Nota *de Engels*.]

Se descartaba, así, de la ciencia el carácter contingente de la existencia de tantas o cuántas fuerzas físicas, poniéndose de manifiesto los entronques y las transiciones entre ellas. La física había llegado, como antes la astronomía, a un resultado que apuntaba en definitiva, necesariamente, al ciclo perenne de la materia en movimiento.

El desarrollo asombrosamente rápido de la química desde Lavoisier y especialmente desde Dalton vino a socavar, por otro lado, las viejas ideas imperantes acerca de la naturaleza. Al crearse por la vía inorgánica combinaciones que hasta entonces sólo se conocían en el organismo vivo, se demostró que las leyes de la química tenían para los cuerpos orgánicos la misma vigencia que para los inorgánicos, con lo que colmaba gran parte del abismo eternamente infranqueable que, todavía según Kant, separaba a la naturaleza inorgánica de la orgánica.

Finalmente, en el campo de la investigación biológica y principalmente desde mediados del siglo pasado [del siglo XVIII], los viajes y expediciones científicos sistemáticamente emprendidos, la minuciosa exploración por los especialistas residentes en ellas de las colonias europeas repartidas por todo el mundo y los progresos de la paleontología, de la anatomía y de la fisiología en general, principalmente los llevados a cabo después del empleo sistemático del microscopio y del descubrimiento de la célula, produjeron tal acopio de materiales, que ello hizo posible, y al mismo tiempo impuso como necesario, el método comparativo.* De una parte, la geografía física comparada establecía las condiciones de vida de las diferentes floras y faunas y, de otra parte, se comparaban los diversos organismos en cuanto a sus órganos homólogos, no sólo en su estado de madurez, sino también en todas sus fases de desarrollo. Y cuanto más profundas y exactas eran estas investigaciones, más iba desmoronándose entre sus manos aquel sistema rígido de una naturaleza orgánica plasmada con caracteres inmutables. Nuevas especies vegetales y animales singulares se revelaban irremediablemente como el resultado de la transición de unas a otras, borrándose así sus contornos propios; surgían animales como el anfioxo y el lepidosiren,[9] que se burlaban de todas las clasificaciones anteriores,** y, por último, se encontraron organismos que lo mismo podían pertenecer al reino vegetal que al animal. Iban colmándose poco a poco las lagunas del archivo

* *Al margen del manuscrito, figura esta nota a lápiz:* "Embriología". *N. del ed.*

** *Al margen del manuscrito, figura esta nota a lápiz:* "Ceratodo. Idem arqueópterix, etc."[10] *N. del ed.*

paleontológico y hasta los más reacios se veían obligados a reconocer el pasmoso paralelismo existente entre la historia evolutiva del mundo orgánico en su conjunto y el de cada organismo en particular, hilo de Ariadna que habría de permitirnos salir del laberinto en el que parecían extraviarse más y más la botánica y la zoología. Fue una coincidencia significativa el que casi al mismo tiempo en que veía la luz el embate de Kant contra la perennidad del sistema solar, lanzase C. E. Wolff, en 1759, el primer ataque contra la permanencia de las especies y proclamase la teoría de la descendencia. Y lo que en Wolff no era todavía más que un vislumbre genial cobró contornos claros y definidos con Oken, Lamarck y Bauer, para triunfar definitivamente cien años más tarde, en 1859, gracias a Darwin. Casi al mismo tiempo, se comprobó que el protoplasma y la célula, de los que ya antes se había demostrado que eran las formas primarias de todos los organismos, existían además en la realidad viva, como las formas orgánicas más bajas de todas. Con ello, se reducía al mínimo el abismo entre la naturaleza orgánica y la inorgánica y, al mismo tiempo, se eliminaba uno de los principales obstáculos con que hasta entonces venía tropezando la teoría de la descendencia de los organismos. La nueva concepción de la naturaleza había quedado delineada en sus rasgos fundamentales: todo lo que había en ella de rígido se aflojaba, cuanto había de plasmado en ella se esfumaba, lo que se consideraba eterno pasaba a ser perecedero y la naturaleza toda se revelaba como algo que se movía en perenne flujo y eterno ciclo.

Hemos retornado, así, a la concepción de los grandes fundadores de la filosofía griega, según la cual la naturaleza toda, desde lo más pequeño hasta lo más grande, desde el grano de arena hasta el sol, desde el protozoo hasta el hombre, se halla, existe en perenne proceso de nacimiento y extinción, en flujo incesante, en un estado continuo de movimiento y cambio. Pero con una diferencia esencial, y es que lo que para los griegos sólo era una intuición genial constituye para nosotros el resultado de una investigación rigurosamente científica y experimental, razón por la cual cobra una forma mucho más definida y clara. Cierto es que la comprobación empírica de este ciclo no aparece todavía, ni mucho menos, libre de lagunas, pero éstas resultan insignificantes si se las compara con los resultados ya conseguidos, y además, se las va llenando poco a poco. ¡Cómo podía no presentar toda una serie de lagunas la comprobación en cuanto al detalle, si se piensa que las ramas más esenciales de la ciencia -la astronomía interplanetaria, la

química, la geología- apenas cuentan con un siglo de existencia, que la fisiología comparada sólo data, científicamente, de cincuenta años atrás, que la forma fundamental de casi toda la evolución biológica, la célula, no hace aún cuarenta años que fue descubierta![11]

—

Partiendo de masas nebulosas incandescentes y que giran en torbellino -las leyes de cuyo movimiento tal vez se descubran ahora, una vez que las observaciones acumuladas a lo largo de varios siglos nos suministren claridad acerca del movimiento propio de los astros- se formaron por condensación y enfriamiento los innumerables soles y sistemas solares de nuestra isla cósmica, enmarcados por los anillos más lejanos de estrellas de la Vía Láctea. Todo parece indicar que esta evolución no se operó en todas partes con la misma rapidez. La existencia de cuerpos oscuros, no puramente planetarios, es decir, de soles apagados dentro de nuestro sistema solar, va imponiéndose cada vez más en la astronomía (Mädler); y, de otra parte, de nuestro sistema sideral forman parte integrante (según Secchi) manchas nebulosas gaseiformes, que representan una serie de soles aún no plasmados, sin que esté excluida la posibilidad de que otras nebulosas, según sostiene Mädler, sean otras tantas remotas islas cósmicas independientes, cuyo grado relativo de desarrollo habrá de revelar el espectroscopio.

Laplace ha demostrado, de un modo no superado hasta ahora, cómo de una masa nebulosa ha llegado a desarrollarse un sistema solar; después de él, la ciencia no ha hecho más que confirmar sus conclusiones.

En los distintos cuerpos así formados -soles, planetas y satélites- rige en un principio la forma de movimiento de la materia a que damos el nombre de calor. Con una temperatura como la que todavía hoy tiene el sol no puede hablarse de la posibilidad de combinaciones químicas entre los elementos; hasta qué punto el calor se trueque, aquí, en electricidad o en magnetismo lo dirán las sistemáticas observaciones solares; lo que ya desde ahora puede asegurarse es que los movimientos mecánicos efectuados en el sol brotan exclusivamente del conflicto entre el calor y la gravedad.

Los distintos cuerpos se enfrían más rápidamente cuanto más pequeños son. Los primeros en enfriarse son los satélites, los asteroides y los meteoros, y así, vemos que nuestra luna hace ya mucho tiempo que está extinguida. Más lentamente se enfrían los planetas, y el enfriamiento más lento de todos es el del cuerpo central.

Con el progresivo enfriamiento, va pasando cada vez más a primer plano la acción mutua de las formas físicas de movimiento que se truecan las unas en la otras, hasta llegar, por fin, a un punto a partir del cual comienza a abrirse paso la afinidad química y en el que los elementos químicos hasta ahora indiferentes van diferenciándose químicamente unos tras otros, adquieren propiedades químicas y se combinan entre sí. Estas combinaciones varían constantemente con el descenso de la temperatura, que influye de distinto modo no sólo en cada elemento, sino en cada combinación determinada de elementos, con la transición, al enfriarse, de una parte de la materia gaseiforme al estado líquido, primero, y luego al estado sólido, y con las nuevas condiciones así creadas.

El período durante el cual el planeta se halla cubierto en su superficie por una corteza sólida y por acumulaciones de agua coincide con aquel en que su calor propio va cediendo cada vez más al calor que sobre él irradia el cuerpo central. Su atmósfera pasa a ser escenario de fenómenos meteorológicos, en el sentido que hoy damos a esta palabra y su superficie se convierte en palestra de cambios geológicos entre los que las estratificaciones provocadas por precipitaciones atmosféricas van predominando cada vez más sobre los resultados exteriores del núcleo interior fluido y candente, que van debilitándose poco a poco.

Cuando, por último, la temperatura se equilibra hasta el punto de que, por lo menos en una parte considerable de la superficie, no rebasa ya los límites en que puede vivir la albúmina, se forma, siempre y cuando que se den las demás premisas químicas favorables, el protoplasma vivo. Aún no sabemos cuáles son estas condiciones previas, lo que no debe sorprendernos, ya que ni conocemos, hasta ahora, la fórmula química de la albúmina, ni siquiera sabemos cuántos cuerpos albuminoides de diferente composición química existen, y sólo hace aproximadamente diez años que nos es conocido el hecho de que todas las funciones esenciales de la vida, la digestión, las secreciones, el movimiento, la contracción, la reacción a los estímulos y la procreación, se deben precisamente a la albúmina carente de estructura.[12]

Hubieron de pasar probablemente miles de años antes de que presentaran las condiciones en que, dándose el siguiente paso de avance, pudo esta albúmina informe crear la primera célula, mediante la formación del núcleo y la membrana. Pero, al aparecer la primera célula, se sentó, al mismo tiempo, la base para la formación de todo el mundo orgánico; primeramente, se desarrollaron, según podemos conjeturar a base de toda la analogía del archivo paleontológico, innumerables especies de protistas acelulares y celulares, de las que sólo ha llegado a nosotros el

Eozoon Canadense,[13] partiendo de las cuales algunas se diferenciaron gradualmente para formar las primeras plantas y otras para dar vida a los primeros animales. Y, partiendo de los animales primarios, se desarrollaron, principalmente por un proceso de ulterior diferenciación, las innumerables clases, órdenes, familias, géneros y especies animales y, por último, la forma en que el sistema nervioso alcanza su grado más alto de desarrollo, la de los animales vertebrados y, entre éstos, finalmente, el animal vertebrado en el que la naturaleza cobra conciencia de sí misma: el hombre.

También el hombre surge por un proceso de diferenciación. No sólo individualmente, partiendo de una sola célula para llegar hasta el organismo más complicado que produce la naturaleza, sino también históricamente. Cuando, al cabo de una lucha que dura miles de años, la mano se diferencia por fin del pie y surge la locomoción erecta, el hombre se separa definitivamente del mono y se sientan las bases para el proceso del lenguaje articulado y para el formidable desarrollo del cerebro, que a partir de ahora hace infranqueable el abismo entre el hombre y el simio. La especialización de la mano significa la *herramienta y* ésta presupone la actividad específicamente humana, la reacción transformadora del hombre sobre la naturaleza, la producción. También ciertos animales en sentido estricto -la hormiga, la abeja, el castor- poseen instrumentos, pero solamente como miembros de su cuerpo; también ciertos animales producen, pero su acción productiva sobre la naturaleza que los rodea es, con respecto a ésta, nula. Solamente el hombre consigue poner su impronta en la naturaleza, no sólo transplantando las plantas y los animales, sino haciendo cambiar, además, el aspecto, el clima de su medio, más aún, haciendo cambiar las mismas plantas y los mismos animales de tal modo, que las consecuencias de su actividad sólo pueden llegar a desaparecer con la extinción general del globo terráqueo. Y todo esto lo ha llevado a cabo el hombre, esencial y primordialmente, por medio de la *mano.* Es ella la que, en última instancia, rige incluso la máquina de vapor, que es, hasta ahora, el instrumento más poderoso de que dispone el hombre para transformar la naturaleza, ya que también esa máquina es una herramienta. Con la mano, fue desarrollándose paulatinamente la cabeza; surgió la conciencia, primeramente la de las condiciones necesarias para alcanzar los diferentes resultados útiles de orden práctico y, más tarde, entre los pueblos más favorecidos y como consecuencia de ello, la penetración en las leyes naturales que los condicionan. Y, con el conocimiento cada vez más rápido de las leyes naturales, se multiplicaron los medios para actuar de rechazo sobre la naturaleza,

pues la mano por sí sola jamás habría llegado a inventar la máquina de vapor si, con ella y a la par de ella y, en parte, correlativamente gracias a ella, no se hubiese desarrollado también el cerebro del hombre.

Con el hombre entramos en el campo de la *historia.* También los animales tienen su historia, la historia de su origen, descendencia y gradual desarrollo, hasta llegar a su estado actual. Pero esta historia no la hacen ellos, sino que se hace para ellos y, en la medida en que de ella participan, lo hacen sin saberlo y sin quererlo. En cambio, los hombres, a medida que se alejan más y más del animal en sentido estricto, hacen su historia en grado cada vez mayor por sí mismos, con conciencia de lo que hacen, siendo cada vez menor la influencia que sobre esta historia ejercen los efectos imprevistos y las fuerzas incontroladas y respondiendo el resultado histórico cada vez con mayor precisión a fines preestablecidos. Pero, si aplicamos esta pauta a la historia humana, incluso a la de los pueblos más desarrollados de nuestro tiempo, vemos la gigantesca desproporción que todavía media aquí entre los fines preestablecidos y los resultados alcanzados; vemos que aún predominan los efectos imprevistos y que las fuerzas incontroladas son todavía mucho más poderosas que las que se ponen en acción con arreglo a un plan. Y no puede ser de otro modo, mientras la actividad histórica más esencial de los hombres, la que ha elevado al hombre de la animalidad a la humanidad y que constituye la base material de todas sus demás actividades, la producción para satisfacer sus necesidades de vida, que es hoy la producción social, se halle cabalmente sometida al juego mutuo de la acción ciega de fuerzas incontroladas, de tal modo que sólo en casos excepcionales se alcanzan los fines propuestos, realizándose en la mayoría de los casos precisamente lo contrario de lo que se ha querido. En los países industriales más adelantados, hemos domeñado las fuerzas naturales para ponerlas al servicio del hombre; con ello, hemos multiplicado la producción hasta el infinito, de tal modo que un niño produce hoy más que antes cien adultos. ¿Y cuál es la consecuencia de ello? Un exceso de trabajo cada vez mayor, la miseria sin cesar creciente de las masas y, cada diez años, la explosión de una tremenda crisis. Danwin no se daba cuenta de qué sátira tan amarga escribía acerca de los hombres, y en particular acerca de sus compatriotas, al demostrar que la libre concurrencia, la lucha por la existencia, que los economistas ensalzan como la más alta conquista de la historia, es el estado normal imperante en el *reino animal.* Sólo una organización consciente de la producción social, en la que se produzca y se distribuya con arreglo a un plan, podrá elevar a los hombres, en el campo de las relaciones sociales,

sobre el resto del mundo animal en la misma medida en que la producción en general lo ha hecho con arreglo a la especie humana. Y el desarrollo histórico hace que semejante organización sea cada día más inexcusable y, al mismo tiempo, más posible. De ella datará una nueva época de la historia en la que los hombres mismos, y con ellos todas las ramas de sus actividades, incluyendo especialmente las ciencias naturales, alcanzarán un auge que relegará a la sombra más profunda todo cuanto hasta hoy conocemos.

Sin embargo, "cuanto nace es digno de perecer"[14]. Podrán pasar millones de años, cientos de miles de generaciones podrán nacer y morir, pero llegará inexorablemente el día en que, al agotarse el calor del sol, no alcance para fundir los hielos que avanzan desde los polos, en que los hombres, que irán concentrándose más y más junto al Ecuador, no encuentren tampoco allí el calor necesario para vivir, en que poco a poco vayan borrándose hasta los últimos rastros de vida orgánica y la tierra, convertida en una bola muerta y helada como la luna, gire, hundida en profundas tinieblas y en una órbita cada vez más estrecha en torno al sol, también enfriado, para precipitarse, por último, en los espacios cósmicos. Otros planetas caerán antes que ella y otros la seguirán en su caída; en vez del sistema solar, armónicamente ordenado, luminoso y lleno de calor, una esfera fría y muerta recorrerá su camino solitario por los espacios. Y la misma suerte reservada a nuestro sistema solar habrán de experimentarla, más tarde o más temprano, todos los demás sistemas de nuestra isla cósmica y el resto de las innúmeras islas cósmicas, incluso aquellos cuya luz jamás llegará a la tierra mientras viva sobre ella un ojo humano capaz de captarla.

¿Y qué ocurrirá cuando semejante sistema solar acabe de recorrer el ciclo de su vida y se enfrente a la suerte reservada a todo lo finito, es decir, a la muerte? ¿Seguirá el cuerpo muerto del sol rodando por toda una eternidad, como un cadáver, a través del espacio infinito y se hundirán para siempre todas las fuerzas naturales antes diferenciadas en infinita muchedumbre en la sola y única fuerza de movimiento de la atracción? "¿O bien -como se pregunta Secchi (pág. 810)- se contienen en la naturaleza fuerzas capaces de retrotraer el sistema muerto al estado inicial de la nebulosa candente, para infundir otra vez en él una nueva vida? No lo sabemos".[15]

No lo sabemos, ciertamente, a la manera como sabemos que 2x2=4 o que la atracción de la materia aumenta o disminuye en proporción al cuadrado de la distancia. Pero, en las ciencias naturales teóricas, que van elaborando su concepción de la naturaleza, dentro de lo posible, hasta formar un todo armónico y sin la cual ni el empírico más ayuno de ideas daría hoy vueltas sin

moverse del sitio, nos vemos obligados con mucha frecuencia a manejar magnitudes imperfectamente conocidas, y la lógica del pensamiento tiene que acudir siempre en ayuda de la insuficiencia del conocimiento. Es así como las modernas ciencias naturales se han visto obligadas a tomar de la filosofía la tesis de la indestructibilidad del movimiento, sin la cual no podrían existir. Ahora bien, el movimiento de la materia no es el simple y tosco movimiento mecánico, el simple desplazamiento de lugar: es el calor y la luz, la tensión eléctrica y magnética, la combinación y la disociación químicas, la vida y, por último, la conciencia. Decir que a la materia, a lo largo de toda su existencia ilimitada en el tiempo, sólo por una única vez y durante *un* tiempo insignificante. en comparación con su eternidad, se le depara la posibilidad de diferenciar su movimiento, desplegando con ello toda la riqueza de este movimiento, para quedar reducida antes y después, por toda una eternidad, a un simple desplazamiento de lugar, vale tanto como afirmar que la materia es mortal y el movimiento perecedero. La indestructibilidad del movimiento no puede concebirse de un modo puramente cuantitativo; hay que concebirla también de un modo cualitativo; una materia cuyo desplazamiento puramente mecánico de lugar encierra, indudablemente, la posibilidad de transformarse, bajo condiciones propicias, en calor, electricidad, acción química y vida, pero que no puede engendrar por sí misma aquellas condiciones, esa materia ha *perdido el movimiento*; y un movimiento que no cuenta ya con la capacidad necesaria para transformarse en las diferentes formas de manifestarse que le son propias, tiene sin duda, todavía, la *dynamis* [posibilidad], pero carece de la *energeia* [acción], lo que quiere decir que se halla ya, en parte, destruido. Y ambas cosas son inconcebibles.

Lo que sí puede afirmarse es que hubo un tiempo en que la materia de nuestra isla cósmica transformó en calor una masa tal de movimiento -sin que hasta hoy sepamos de qué clase-, que gracias a ello pudieron desarrollarse los 20 millones de estrellas que, por lo menos (según Mädler), pertenecen a nuestros sistemas solares y cuya gradual extinción es igualmente segura ¿Cómo se operó dicha transformación? Tampoco nosotros sabemos, como no lo sabe el padre Secchi, si el futuro *caput mortuum*[16] de nuestro sistema solar volverá a convertirse algún día en materia prima de nuevos sistemas solares. Pero, si no queremos recurrir en este punto a la idea del creador, no tenemos más remedio que llegar a la conclusión de que la materia prima candente de los sistemas solares de nuestra isla cósmica surgió, por una vía natural, mediante las transformaciones operadas por el movimiento, *inherentes por naturaleza* a la materia móvil, y que sus condiciones tendrán también que reproducirse por obra de la materia misma, aunque sea a la vuelta

de millones y millones de años, de un modo más o menos fortuito, pero con la fuerza de la necesidad que es inherente también a lo casual.

La posibilidad de semejante transformación es reconocida en medida cada vez mayor. Va abriéndose paso la idea de que los cuerpos cósmicos tienden en definitiva a chocar los unos con los otros y hasta se calcula la cantidad de calor que se desarrollará en estas colisiones. Partiendo de ellas, se explican por la vía más fácil el súbito relucir de nuevas estrellas y la luz cada vez más clara que, también súbitamente, despiden otras que ya conocemos de antiguo y de que nos habla la astronomía.

Con arreglo a esto, vemos no sólo que nuestro grupo planetario gira alrededor del sol y nuestros soles dentro de la isla cósmica en que moramos, sino también que toda nuestra isla cósmica sigue moviéndose dentro del espacio del cosmos en un equilibrio temporal y relativo con las demás islas cósmicas, ya que incluso el equilibrio relativo de los cuerpos que giran libremente sólo puede concebirse dentro de un movimiento mutuamente condicionado; y hay muchos que admiten que la temperatura del espacio cósmico no es en todas partes la misma. Por último, sabemos que, exceptuando una parte insignificante, el calor de los innumerables soles de nuestra isla cósmica desaparece en el espacio y se esfuerza en vano por elevar la temperatura del espacio cósmico aunque sólo sea en una millonésima de grado de la escala Celsius. ¿Qué se ha hecho de toda esta enorme cantidad de calor? ¿Ha desaparecido para siempre en el intento de calentar el, espacio o ha dejado prácticamente de existir y sólo sigue existiendo teóricamente en el hecho de que el espacio cósmico se ha calentado en una fracción decimal de grado que comienza con diez o más ceros? Esta hipótesis equivale a negar la indestructibilidad del movimiento; admite la posibilidad de que, mediante la colisión sucesiva de los cuerpos cósmicos, todo el movimiento mecánico existente se transforme en calor y éste se irradie en el espacio cósmico, con lo que, pese a la "indestructibilidad de la fuerza", habría dejado de existir todo movimiento en general. (Y ello revela, dicho sea de pasada, cuán erróneo es hablar de indestructibilidad de la fuerza, en vez de indestructibilidad del movimiento.) Llegamos, pues, a la conclusión de que por un camino, que la investigación de la naturaleza considerará algún día como su cometido señalar, el calor irradiado en el espacio cósmico tendrá necesariamente la posibilidad de llegar a transformarse en otra forma de movimiento, en la que podrá llegar a concentrarse y manifestarse. Con lo cual desaparecerá la principal dificultad con que tropieza la posibilidad de que los soles extinguidos se conviertan de nuevo en la nebulosa candente.

Por lo demás, las sucesión eternamente repetida de los mundos en el tiempo infinito no es más que el complemento lógico de la coexistencia de los innumerables mundos en el espacio infinito, tesis ésta cuya necesidad se ha impuesto incluso al cerebro antiteórico de yanqui de un Draper.*

La materia se mueve en un ciclo perenne, ciclo que probablemente describe su órbita en períodos de tiempo para los que nuestro año terrestre ya no ofrece una pauta de medida suficiente; en el que el tiempo del más alto desarrollo, el tiempo de la vida orgánica y, más aún, el de la vida consciente de sí misma y de la naturaleza, resulta medido tan brevemente como el espacio en el que se hacen valer la vida y la autoconciencia; en el que toda modalidad finita de existencia de la materia, ya sea sol o nebulosa, animal concreto o especie animal, combinación o disociación química, es igualmente perecedera y en el que nada hay eterno fuera de la materia en eterno movimiento y de las leyes con arreglo a las cuales se mueve y cambia. Pero, por muchas veces y por muy implacablemente que este ciclo se opere también en el tiempo y en el espacio; por muchos millones de soles y de tierras que puedan nacer y perecer y por mucho tiempo que pueda transcurrir hasta que lleguen a darse las condiciones para la vida orgánica en un solo planeta dentro de un sistema solar; por innumerables que sean los seres orgánicos que hayan de preceder y que tengan que perecer antes, para que de entre ellos puedan llegar a desarrollarse animales dotados de un cerebro capaz de pensar y a encontrar por un período breve de tiempo las condiciones necesarias para su vida, para luego verse implacablemente barridos, tenemos la certeza de que la materia permanecerá eternamente la misma a través de todas sus mutaciones; de que ninguno de sus atributos puede llegar a perderse por entero y de que, por tanto, por la misma férrea necesidad con que un día desaparecerá de la faz de la tierra su floración más alta, el espíritu pensante, volverá a brotar en otro lugar y en otro tiempo.

*"The multiplicity of worlds in infinite space leads to the concepción of a succession of worlds in infinite time" (Draper, *History of the Inlellectual Development of Europe*, vol. II. pág. 17) [La pluralidad de los mundos dentro del espacio infinito lleva a la concepción de una sucesión de mundos en el tiempo infinito. (Draper, "Historia del desarrollo intelectual de Europa", t. II, pág.)] [Nota de Engels.]

VIEJO PROLOGO PARA EL *[ANTI]-DÜHIRING*. SOBRE LA DIALÉCTICA [1]

El trabajo que el lector tiene ante sí no es, ni mucho menos, fruto de un "impulso interior". Lejos de eso, mi amigo Liebknecht puede atestiguar cuánto esfuerzo le costó convencerme de la necesidad de analizar críticamente la novísima teoría socialista del señor Dühring. Una vez resuelto a ello, no tenía más remedio que investigar esta teoría, que su autor expone como el último fruto práctico de un nuevo sistema filosófico, en relación con este sistema, investigando, por consiguiente, este sistema mismo. Me vi, pues, obligado a seguir al señor Dühring por todos los vastos campos por él recorridos, tratando de lo divino y de lo humano y de qué sé yo cuántas cosas más. Y así surgió toda una serie de artículos que vieron la luz en el *Vorwärts* de Leipzig desde comienzos de 1877 y que se recogen, sistemáticamente ordenados, en el presente volumen.

Dos circunstancias pueden excusar el que la crítica de un sistema tan insignificante, pese a toda su jactancia, adopte unas proporciones tan extensas, impuestas por el tema mismo. Una es que esta crítica me brindaba la ocasión para desarrollar sobre un plano positivo, en los más diversos campos, mis ideas acerca de problemas que encierran hoy un interés general, científico o práctico. Y aunque esta obra no persigue, ni mucho menos, el designio de oponer un nuevo sistema al sistema del señor Dühring, confío en que el lector no echará de menos, a pesar de la diversidad de las materias tratadas, la trabazón interna que existe entre las ideas expuestas por mí.

La otra circunstancia a que aludía es la siguiente: el señor Dühring, como "creador de un sistema", no representa, ni mucho menos, un fenómeno aislado, en la Alemania actual. Desde hace algún tiempo, en Alemania brotan por todas partes, como las setas, de la noche a la mañana, por docenas, multitud de sistemas filosóficos, y principalmente de filosofía de la naturaleza, para no hablar de los innumerables nuevos sistemas de política, economía, etc. Tal parece como si en la ciencia se quisiera aplicar también ese postulado del Estado moderno según el cual se supone a todo ciudadano con capacidad para juzgar acerca de cuantos problemas se someten a su voto o el postulado de la economía en el que se parte de que todo consumidor conoce al dedillo cuantas mercancías

necesita adquirir para su sustento. Todo el mundo puede, al parecer, escribir acerca de todo, y en eso consiste cabalmente la "libertad de la ciencia": en escribir con especial desahogo de cosas que se ignoran en absoluto, considerando esto como el único método científico verdaderamente riguroso. El señor Dühring no es sino uno de los ejemplares más representativos de esa estridente seudociencia que por todas partes se coloca hoy, en Alemania, a fuerza de codazos, en primera fila y que atruena el espacio con su estrepitoso... ruido de latón. Ruido de latón en poesía, en filosofía, en economía, en historiografía; ruido de latón en la cátedra y en la tribuna, por doquier ruido de latón, pero no un ruido de latón cualquiera, sino transcendental, que se atribuye a sí mismo una gran superioridad y profundidad de pensamiento y que no debe confundirse, en modo alguno, con el modesto y vulgar ruido de latón que escuchamos en otros países: se trata del producto más representativo y más abundante de la industria intelectual alemana, barato pero malo, ni más ni menos que los demás artículos con que el país, desgraciadamente, no estuvo representado en Filadelfia. Hasta el socialismo alemán, sobre todo desde que el señor Dühring empezó dando el ejemplo, ha hecho últimamente grandes progresos en este arte del ruido de latón transcendental; y el hecho de que, en realidad, el movimiento socialdemócrata apenas se deje aturdir por todo ese estrépito transcendental es una prueba más de la maravillosa salud de que disfruta nuestra clase obrera, en un país en el que todo parece estar actualmente enfermo, con la única excepción de las ciencias naturales.

Cuando, en su discurso pronunciado en el congreso de naturalistas de Munich, Nägeli[2] afirmaba que el conocimiento humano jamás llegaría a revestir el carácter de la omnisciencia, ignoraba evidentemente las obras del señor Dühring. Estas obras me han obligado a mí a seguir a su autor por una serie de campos en los que, cuando mucho, sólo puedo moverme con pretensiones de aficionado. Me refiero, principalmente, a las distintas ramas de las ciencias naturales, donde hasta hoy solía considerarse como pecado de infatuación el que el "profano" osase entrometerse a hablar de lo que no sabía. Sin embargo, me anima un poco en este empeño el que, en un discurso pronunciado también en Munich, el señor Virchow[3] dejase escapar la frase, a la que más detenidamente nos referiremos en otro lugar, de que, fuera del campo acotado de su especialidad, el naturalista no está informado tampoco más que "a medias", lo que equivale a decir que es, hablando en términos corrientes, un profano. Y, así como el especialista se permite y no tiene más remedio que permitirse, vez en cuando, pisar en un

terreno colindante con el suyo, acogiéndose a la obligada indulgencia del especialista en cuanto a sus torpezas de expresión y a sus pequeños deslices, yo me he tomado también la libertad de aducir aquí una serie de fenómenos y de leyes naturales para ilustrar mis ideas teóricas generales, y confío en que podré contar con la misma indulgencia.[4] Los resultados de las modernas ciencias naturales se imponen a todo el que se ocupe de cuestiones teóricas con la misma fuerza irresistible con que el naturalista de hoy se ve empujado, quiéralo o no, a establecer deducciones teóricas generales. Y aquí nos encontramos, por lo menos, con cierta compensación. Pues si los teóricos son profanos a medias en el campo de las ciencias naturales, los naturalistas de hoy en día suelen serlo igualmente en el terreno teórico, en el terreno de lo que hasta aquí ha venido calificándose de filosofía.

La investigación empírica de la naturaleza ha acumulado una masa tan gigantesca de conocimientos de orden positivo, que la necesidad de ordenarlos sistemáticamente y ateniéndose a sus nexos internos, dentro de cada campo de investigación, constituye una exigencia sencillamente imperativa e irrefutable. Y no menos lo es la necesidad de establecer la debida conexión entre los diversos campos de conocimiento. Pero, al tratar de hacer esto, las ciencias naturales se desplazan al campo teórico, donde fracasan los métodos empíricos y donde sólo el pensamiento teórico puede conducir a algo.[5] Ahora bien, el pensamiento teórico sólo es un don natural en lo que a la capacidad se refiere. Esta capacidad tiene que ser cultivada y desarrollada; y, hasta hoy, no existe otro medio para su cultivo y desarrollo que el estudio de la historia de la filosofía.

El pensamiento teórico de toda época, incluyendo por tanto la nuestra, es un producto histórico, que reviste formas muy distintas y asume, por tanto, un contenido muy distinto también, según las diferentes épocas. La ciencia del pensamiento es, por consiguiente, como todas las ciencias, una ciencia histórica, la ciencia del desarrollo histórico del pensamiento humano. Y esto tiene también su importancia, en lo que afecta a la aplicación práctica del pensamiento a los campos empíricos. Por varias razones. La primera es que la teoría de las leyes del pensamiento no representa, ni mucho menos, esa "verdad eterna" y definitiva que el espíritu del filisteo se representa en cuanto oye pronunciar la palabra "lógica". La misma lógica formal ha sido objeto de enconadas disputas desde Aristóteles hasta nuestros días. Por lo que a la dialéctica se refiere, hasta hoy sólo ha sido investigada detenidamente por dos pensadores: Aristóteles y Hegel. Y la dialéctica es, precisamente, la forma más cumplida y cabal de pensamiento para las modernas ciencias

naturales, ya que es la única que nos brinda la analogía y, por tanto, el método para explicar los procesos de desarrollo de la naturaleza, para comprender, en sus rasgos generales, sus nexos y el tránsito de uno a otro campo de investigación.

En segundo lugar, el conocimiento de la trayectoria histórica de desarrollo del pensamiento humano, de las ideas que las diferentes épocas de la historia se han formado acerca de las conexiones generales del mundo exterior, constituye también una necesidad para las ciencias naturales teóricas, ya que nos sirve de criterio para contrastar las teorías por ellas formuladas. En este respecto, hay que decir que se pone de manifiesto con harta frecuencia y con colores bien vivos el desconocimiento de la historia de la filosofía. No pocas veces, vemos a los naturalistas teoretizantes sostener como flamantes teorías, que incluso llegan a imponerse como teorías de moda durante algún tiempo, doctrinas que la filosofía viene profesando desde hace siglos y que, en no pocos casos, han sido ya filosóficamente desechadas. Es, indudablemente, un gran triunfo de la teoría mecánica del calor el haber apoyado con nuevos testimonios y haber destacado de nuevo en primer plano el principio de la conservación de la energía. Pero. ¿acaso este principio hubiera podido proclamarse como una verdad tan absolutamente nueva si los señores físicos se hubieran acordado de que ya había sido formulado, en su día, por Descartes? Desde que la física y la química operan de nuevo casi exclusivamente con moléculas y con átomos, no hay más remedio que volver de nuevo los ojos a la filosofía atomística de los antiguos griegos. Pero ¡cuán superficialmente aparece tratada esta filosofía, aun por los mejores naturalistas modernos! Así, por ejemplo, Kekulé afirma (en su obra *Ziele und Leistungen der Chemie* ["Metas y realizaciones de la química"][6] que dicha filosofía procede de Demócrito, y no de Leucipo, y sostiene que fue Dalton el primero que admitió la existencia de átomos elementales cualitativamente distintos, asignándoles distintos pesos, característicos de los distintos elementos, cuando en Diógenes Laercio (X, I, §§ 43-44 y 61)[7] puede leerse que ya Epicuro atribuía a los átomos diferencias, no sólo de magnitud y de forma, sino también de *peso;* es decir, que ya conocía, a su modo, el peso y el volumen atómicos.

El año 1848, que en Alemania no dio cima a nada, trajo en cambio un viraje radical en el campo de la filosofía. Mientras la nación se lanzaba a los asuntos prácticos, creando los orígenes de la gran industria y de la especulación fraudulenta, el gigantesco auge que las ciencias naturales habían adquirido de tiempo atrás en Alemania, iniciado por predicadores ambulantes y caricaturas como Vogt, Büchner, etc., repudiaba abiertamente la filosofía clásica

alemana, que había ido a sumirse en los arenales de los viejos hegelinos berlineses. Estos se lo tenían bien merecido. Pero una nación que quiera mantenerse a la altura de la ciencia no puede desenvolverse sin contar con un pensamiento teórico. Y con el hegelianismo se echó por la borda la dialéctica -precisamente en los momentos en que se imponía con fuerza irresistible el carácter dialéctico de los fenómenos naturales y en que, por tanto, sólo la dialéctica de las ciencias naturales podía ayudar al hombre de ciencia a escalar la montaña teórica-, para entregarse de nuevo, con gesto impotente, en brazos de la vieja metafísica. Volvieron a hacer estragos entre el público las vacuas reflexiones de Schopenhauer, cortadas a la medida del filisteo, y más tarde hasta las de un Hartmann y el materialismo vulgar de predicadores de plazuela de un Vogt y un Büchner. En las universidades se hacían la competencia los más diversos linajes del eclecticismo, que sólo coincidían en ser todos ellos una mescolanza de residuos de viejas filosofías y en ser todos igualmente metafísicos. De los escombros de la filosofía clásica sólo se salvó un cierto neokantismo, cuya última palabra era la cosa en sí eternamente incognoscible; es decir, precisamente la parte de Kant que menos merecía ser salvada. Resultado final de todo ello es la confusión y la algarabía que hoy reinan en el campo del pensamiento teórico.

Apenas se puede tomar en la mano un libro teórico de ciencias naturales sin tener la impresión de que los propios naturalistas se dan cuenta de cómo están dominados por esa algarabía y confusión y de cómo la filosofía hoy en curso no ofrece absolutamente ninguna salida. Y, en efecto, si se quiere llegar a ver claro en cualquiera de estos campos, no hay para ello más solución ni otra posibilidad que retornar, bajo una u otra forma, del pensamiento metafísico al pensamiento dialéctico.

Este retorno puede operarse por distintos caminos. Puede imponerse de un modo elemental, por la fuerza coactiva de los propios descubrimientos de las ciencias naturales, que se resisten a seguir dejándose amputar en el viejo lecho metafísico de Procusto. Pero este sería un proceso lento y penoso, en el que habría que vencer toda una serie de fricciones inútiles. En gran parte, este proceso se halla ya en marcha, sobre todo en biología. Podría, sin embargo, acortarse notablemente si los naturalistas teóricos se decidieran a prestar mayor atención a la filosofía dialéctica, en las manifestaciones que de ella nos brinda la historia. Entre estas manifestaciones hay singularmente dos que podrían ser muy fructíferas para las modernas ciencias naturales.

La primera es la filosofía griega. Aquí, la idea dialéctica se nos muestra todavía con la sencillez de lo espontáneo, sin que la

estorben aún aquellos amorosos obstáculos que a sí misma oponía la metafísica de los siglos XVII y XVIII -Bacon y Locke en Inglaterra, Wolff en Alemania- y con los que obstruía el camino que tenía que llevarla de la comprensión de los detalles a una visión de conjunto, a la comprensión de las concatenaciones generales. Los griegos -precisamente por no haber avanzado todavía hasta el análisis y la desintegración de la naturaleza-, enfocan ésta todavía como un todo, en sus rasgos generales. La trabazón general de los fenómenos naturales aún no se indaga en detalle, sino que es, para los griegos, el resultado de la intuición directa. En esto estriba precisamente la falla de la filosofía griega, la que más tarde la obligará a ceder el paso a otros métodos. Y aquí radica, a la vez, su superioridad con respecto a todas las escuelas metafísicas que, andando el tiempo, se le habrán de oponer. Es decir, que la metafísica tenía razón contra los griegos en cuanto al detalle, pero en cambio éstos tenían razón contra la metafísica en su visión de conjunto. He aquí una de las razones de que, en filosofía como en tantas otras cosas, no tengamos más remedio que volver siempre los ojos hacia las ideas de aquel pequeño pueblo, cuyo talento y cuyas proyecciones universales le aseguran en la historia progresiva de la humanidad un lugar como ningún otro pueblo puede reivindicar para sí. Pero aún hay otra razón, y es que las diversas formas de la filosofía griega contienen ya en germen, en gestación, todos los modos de concebir que, andando el tiempo, habrán de desarrollarse. Por eso las ciencias naturales teóricas no tienen más remedio que retrotraerse a los griegos, si quieren seguir la evolución hacia atrás de los que hoy son sus principios generales, hasta remontarse a sus orígenes. Cada día son menos los naturalistas que, operando como con verdades eternas con los despojos de la filosofía griega, por ejemplo con la atomística, miran a los griegos por encima del hombro con un desprecio baconiano, por la sencilla razón de que los griegos no llegaron a conocer la ciencia natural empírica. Y hay que desear que esta nueva actitud progrese hasta convertirse en un conocimiento real y efectivo de la filosofía griega.

La segunda manifestación de la dialéctica y la que más cerca se halla de los naturalistas alemanes es la filosofía clásica alemana desde Kant hasta Hegel. En este punto, algo se ha conseguido ya desde que vuelve a estar de moda el invocar a Kant, remontándose por sobre el ya citado neokantismo. Desde que se ha averiguado que Kant es el autor de dos geniales hipótesis, sin las que las modernas ciencias naturales teóricas no podrían dar un paso: la teoría del origen del sistema solar, antes atribuida a Laplace, y la teoría de la resistencia a la rotación de la tierra por las mareas, este filósofo ha vuelto a conquistar el lugar que por derecho le corresponde en el

respeto de los naturalistas. Pero querer estudiar dialéctica en Kant sería una labor innecesariamente penosa y estéril, teniendo como tenemos las obras de *Hegel,* en que se nos ofrece un compendio de lo que es la dialéctica, siquiera se la desarrolle aquí desde un punto de partida radicalmente falso.

Hoy, en que la reacción contra la "filosofía de la naturaleza", justificada en buena parte por ese falso punto de partida y por el impotente empantanamiento de los hegelianos berlineses, se ha expansionado ya a sus anchas, acabando en una lluvia de invectivas, y en que, por otra parte, las ciencias naturales se han visto tan brillantemente dejadas en la estacada en sus necesidades teóricas por la metafísica ecléctica al uso, creemos que será posible volver a pronunciar ante naturalistas el nombre de Hegel sin desatar con ello ese baile de San Vito en que el señor Dühring es tan divertido maestro.

Conviene, ante todo, puntualizar que no tratamos ni remotamente de defender el punto de vista de que arranca Hegel, el de que el espíritu, el pensamiento, la idea es lo primario y el mundo real un simple reflejo de la idea. Este punto de vista fue abandonado ya por Feuerbach. Hoy, todos estamos de acuerdo en que la ciencia, cualquiera que ella sea, natural o histórica, tiene necesariamente que partir de los *hechos* dados y, por tanto, tratándose de ciencias naturales, de las diversas formas objetivas de movimiento de la materia;* estamos de acuerdo, por consiguiente, en que en las ciencias naturales teóricas no vale construir concatenaciones para imponérselas a los hechos, sino que hay que descubrirlas en éstos y, una vez descubiertas, y siempre y cuando que ello sea posible, demostrarlas sobre la experiencia.

Tampoco puede hablarse de mantener en pie el contenido dogmático del sistema de Hegel, tal y como lo han venido predicando los hegelianos berlineses, así los viejos como los jóvenes. Con el punto de partida idealista se viene también a tierra el sistema erigido sobre él y, por tanto, la filosofía hegeliana de la naturaleza. Recuérdese que la crítica que las ciencias naturales oponen a Hegel, en aquello en que está certeramente orientada, sólo versa sobre estos dos aspectos: el punto de partida idealista y la construcción arbitraria de un sistema que se da de bofetadas con los hechos.

Pues bien, descontando todo esto, queda todavía en pie la dialéctica hegeliana. Corresponde a Marx -frente a los "gruñones,

* *En la primitiva redacción del texto, aparece aquí un punto. Enseguida, venía una frase que Engels no llegó a terminar y que más tarde tachó:* "Nosotros, los materialistas socialistas, vamos en esto, incluso, bastante más allá que los naturalistas, ya que también..." *N. del ed.*

petulantes y mediocres epígonos que hoy ponen cátedra en la Alemania culta"[8]- el mérito de haber destacado de nuevo, adelantándose a todos los demás, el relegado método dialéctico, el entronque de su pensamiento con la dialéctica hegeliana y las diferencias que le separan de ésta, a la par que en *El Capital* aplicaba este método a los hechos de una ciencia empírica, la economía política. Para comprender el triunfo que esto representa basta fijarse en que, incluso en Alemania, no acierta la nueva escuela económica a remontarse por sobre el vulgar librecambismo más que plagiando a Marx (no pocas veces con tergiversaciones), so pretexto de criticarlo.

En la dialéctica hegeliana reina la misma inversión de todas las conexiones reales que en las demás ramificaciones del sistema de Hegel. Pero, como dice Marx: "El hecho de que la dialéctica sufra en manos de Hegel una mistificación, no obsta para que este filósofo fuese el primero que supo exponer de un modo amplio y consciente sus formas generales de movimiento. Lo que ocurre es que la dialéctica aparece, en él, invertida, puesta de cabeza. No hay más que darle la vuelta, mejor dicho, ponerla de pie, y enseguida se descubre bajo la corteza mística la semilla racional."

En las propias ciencias naturales nos encontramos, no pocas veces, con teorías en que la realidad aparece vuelta del revés, en que las imágenes reflejas se toman por la forma original, siendo necesario, por tanto, darles la vuelta para restituirlas a su verdadera posición. Con frecuencia, estas teorías se entronizan durante largo tiempo. Así aconteció, por ejemplo, con el fenómeno del calor, en el que durante casi dos siglos se veía una misteriosa materia especial y no una forma en movimiento de la materia usual, hasta que la teoría mecánica del calor vino a colocar las cosas en su sitio. Pero aquello no fue obstáculo para que la física, dominada por la teoría del calor material, descubriese una serie de importantísimas leyes en torno al calor, abriendo el cauce -gracias sobre todo a Fourier[10] y a Sadi Carnot- para una concepción exacta, concepción que hoy formula en sus verdaderos términos y traduce a su lenguaje propio las leyes descubiertas por sus predecesores.* Y otro tanto ocurre en la química, donde la teoría flogística, después de cien años de trabajo, empezó a suministrar los datos con ayuda de los cuales pudo Lavoisier descubrir en el oxígeno puesto de manifiesto por Priestley el verdadero polo contrario del imaginario flogisto,

* La función de Carnot C, literalmente invertida: 1/c = la temperatura absoluta. Sin esta inversión, no serviría para nada. [*Nota de Engels*.]

con lo que toda la teoría flogística se venía a tierra. Pero sin que con ello se cancelaran, ni mucho menos, los resultados experimentales de la flogística. Lo único que se hizo fue dar la vuelta a sus fórmulas, traduciéndolas del lenguaje (logístico a la terminología ya consagrada de la química, sin que por ello perdieron nada de su exactitud.

Pues bien, lo que la teoría del calor materia es a la teoría mecánica del calor, o la teoría flogística a la teoría de Lavoisier, eso es, sobre poco más o menos, la dialéctica hegeliana con respecto a la dialéctica racional.

LOS NATURALISTAS EN EL MUNDO DE LOS ESPIRITUS [1]

Los extremos se tocan, reza un viejo dicho de la sabiduría popular, impregnado de dialéctica. Difícilmente nos equivocaremos, pues, si buscamos el grado más alto de la quimera, la credulidad y la superstición, no precisamente en la tendencia de las ciencias naturales que, como la filosofía alemana de la naturaleza, trata de encuadrar a la fuerza el mundo objetivo en los marcos de su pensamiento subjetivo, sino, por el contrario, en la tendencia opuesta, que, haciendo hincapié en la simple experiencia, trata al pensamiento con soberano desprecio y llega realmente más allá que ninguna otra en la ausencia de pensamiento. Es esta la escuela que reina en Inglaterra. Ya su progenitor, el tan ensalzado Francis Bacon, preconizaba el manejo de su nuevo método empírico, inductivo, mediante el cual se lograría, ante todo, según él, prolongar la vida, rejuvenecerse hasta cierto punto, cambiar la estatura y los rasgos fisionómicos, convertir unos cuerpos en otros, crear nuevas especies y llegar a dominar la atmósfera y provocar tormentas; Bacon se lamenta del abandono en que ha caído esta clase de investigaciones y en su historia natural ofrece recetas formales para fabricar oro y producir diversos milagros. También Isaac Newton, en los últimos días de su vida, se ocupó mucho de interpretar la revelación de San Juan. No tiene, pues, nada de extraño que, en los últimos años, el empirismo inglés, en la persona de algunos de sus representantes -que no son, por cierto, los peores- parezca entregarse irremediablemente al espiritismo y a las creencias en los espíritus, importadas de Norteamérica.

El primer naturalista a que hemos de referirnos en relación con esto es el zoólogo y botánico Alfred Russel Wallace, investigador cargado de méritos en su espccialidad, el mismo que, simultáneamente con Darwin, formuló la teoría de la modificación de las especies por la vía de la selección natural. En su librito titulado On Miracles and Modern Spiritualism ["Sobre los milagros y el moderno espiritualismo"], Londres, Burns,[2] 1875, cuenta que sus primeras experiencias en esta rama del estudio de la naturaleza datan de 1844, año en que asistió a las lecciones del señor Spencer Hall sobre mesmerismo, que le movieron a realizar experimentos parecidos sobre sus propios discípulos. "El asunto me interesó extraordinariamente y me entregué a él con pasión (ardour)" [pág. 119]. Además de

provocar en sus experimentos el sueño magnético y los fenómenos de la rigidez de los miembros y la insensibilidad local, corroboró la exactitud del mapa frenológico, al provocar, por el contacto con cualquiera de los órganos de Gall, la actividad correspondiente en el paciente magnetizado, que éste confirmaba mediante los gestos vivos que se le prescribían. Y comprobó, asimismo, cómo el paciente, por medio de los contactos adecuados, compartía todas las reacciones sensoriales del operador; se le emborrachaba con un vaso de agua, simplemente al asegurarle que lo que bebía era coñac. Logró, incluso, atontar hasta tal punto, sin dormirlo, a uno de los muchachos, que éste no supo siquiera decirle su nombre, cosa que, por lo demás, también consiguen otros maestros de escuela sin necesidad de recurrir al mesmerismo. Y por ahí adelante.

En el invierno de 1843-44 tuve yo ocasión de ver en Manchester a este mismo Spencer Hall. Era un charlatán vulgar que, protegido por algunos curas, recorría el país, haciendo exhibiciones magnético-frenológicas sobre una muchacha, con objeto de probar la existencia de Dios, la inmortalidad del alma y la insostenibilidad del materialismo, que en aquel tiempo predicaban los owenistas en todas las grandes ciudades de Inglaterra. La señorita que le servía de médium, sumida en sueno magnético, prorrumpía, cuando el operador tocaba en su cabeza cualquiera de las zonas frenológicas de Gall, en gestos y actitudes teatralmente demostrativos, que correspondían a la actividad del órgano respectivo; por ejemplo, al tocarle el órgano del amor por los niños *(philoprogenitiveness)* acariciaba y besaba a un bebé imaginario, etc. El buen Spencer Hall, en sus exhibiciones, había enriquecido la geografía frenológica de Gall con una nueva ínsula Barataria:[3] en efecto, en la parte superior del cráneo había descubierto el órgano de la oración, al. tocar el cual el médium se hincaba de rodillas, cruzaba las manos y se convertía, ante los ojos atónitos de la concurrencia, en un ángel en oración extática. Este número era el final y el punto culminante de la representación. Quedaba probada de este modo la existencia de Dios.

A un amigo mío y a mí nos sucedió algo parecido de lo que le había ocurrido al señor Wallace: aquellos fenómenos nos interesaron y tratamos de ver si éramos capaces de reproducirlos. Se nos brindó como médium un muchachito muy listo de unos doce años. No nos fue difícil provocar en él el estado hipnótico, mirándole fijamente a los ojos o pasándole la mano por la cabeza. Pero, como nosotros éramos algo menos crédulos que el señor Wallace y nos entregábamos a la obra con menos ardor que él, obteníamos resultados completamente distintos de los suyos. Aparte

de la rigidez muscular y la insensibilidad, fáciles de conseguir, encontramos un estado de inhibición total de la voluntad, unido a una peculiar sobreexcitación de las sensaciones. El paciente, arrancado a su letargo por cualquier estímulo externo, acreditaba una vivacidad mucho mayor que estando despierto. No se manifestaba ni el menor atisbo de relaciones misteriosas con el operador; cualquier otra persona podía hacer entrar al sujeto en actividad tan fácilmente como nosotros. El poder de excitar los órganos frenológicos de Gall era para nosotros lo menos importante de todo; fuimos mucho más allá: no sólo logramos trocarlos y desplazarlos a lo largo de todo el cuerpo, sino que fabricamos, además, a nuestro antojo, toda otra serie de órganos, órganos de cantar, de silbar, de tocar la bocina, de bailar, de boxear, de coser, de hacer movimientos de zapatero, de fumar, etc., situándolos en la parte del cuerpo que queríamos. Y si Wallace emborrachaba a su paciente con agua nosotros descubrimos en su dedo gordo un órgano de embriaguez, bastando con que lo tocásemos con la mano para poner en acción el más lindo simulacro de borrachera. Pero bien entendido que ningún órgano mostraba señales de vida hasta que se le daba a entender al paciente lo que de él se esperaba; y, a fuerza de práctica, el muchacho adquirió tal perfección en estos manejos, que bastaba con la más leve insinuación. Los órganos creados de este modo permanecían en vigor para posteriores catalepsias, mientras no fuesen modificados por la misma vía. El paciente se hallaba dotado de una doble memoria, una que funcionaba estando despierto y la otra, muy especial, que entraba en acción cuando el sujeto se hallaba en estado hipnótico. En cuanto a la pasividad volitiva, a la sumisión absoluta del paciente a la voluntad de un tercero, perdía toda apariencia mágica mientras no olvidásemos que todo el estado comenzaba con la sumisión de la voluntad del paciente a la del operador y que no podía provocarse sin ésta. El más portentoso hipnotizador del mundo queda en ridículo tan pronto como su paciente se ríe en su cara.

Mientras que nosotros, con nuestro frívolo escepticismo, descubríamos como base de la charlatanería magnético-frenológica una serie de fenómenos la mayoría de los cuales sólo se diferenciaban en cuanto al grado de los que se dan en estado de vigilia, sin que se necesite recurrir, para explicarlos, a ninguna interpretación mística, la pasión (ardour) con que operaba el señor Wallace le llevaba a una serie de. ilusiones engañosas que le permitían confirmar en todos sus detalles el mapa frenológico de Gall y encontrar una relación misteriosa entre el operador y el

paciente.* En todo el relato del señor Wallace, cuya sinceridad raya en el candor, se trasluce que lo que a él le importaba no era tanto, ni mucho menos, descubrir el fondo real de la charlatanería como reproducir a todo trance los mismos fenómenos. Y basta con mostrar este mismo estado de ánimo para convertir en poquísimo tiempo al investigador neófito, por medio de las más simples y fáciles ilusiones engañosas, en un adepto. El señor Wallace acabó profesando sinceramente la fe en los misterios magnético-frenológicos, lo que le llevaba a pisar con un pie en el mundo de los espíritus.

El otro pie se movió en la misma dirección en 1865. Al volver de sus doce años de viajes por la zona tórrida, el señor Wallace se dedicó a experimentos de espiritismo, que le pusieron en relación con diferentes "médiums". La obrilla suya que hemos citado revela cuán rápidos fueron sus progresos en este terreno y cómo llegó a dominar por completo el asunto. No sólo trata de convencernos de que tomemos por moneda de buena ley todos los supuestos portentos de los Home, los hermanos Davenport y demás "médiums" que muestran sus artes más o menos por dinero y que en su mayoría han sido desenmascarados muchas veces como unos tramposos, sino que nos cuenta, además, toda una serie de historias de espíritus del remoto pasado, que él considera acreditadas como ciertas. Las pitonisas del oráculo griego y las brujas de la Edad Media eran, según él, "médiums", y la obra de Yámblico *De divinatione* ["Sobre la adivinación"] describe ya con toda precisión, a su juicio, "los más asombrosos fenómenos del espiritualismo moderno" [página 229].

Pondremos solamente un ejemplo para que se vea con cuánta credulidad admite el señor Wallace la confirmación científica de estos portentos. No cabe duda de que es muy fuerte pedirnos que creamos en la posibilidad de que los supuestos espíritus se dejen fotografiar y, puestos en este camino, tenemos, indudablemente, derecho a exigir que tales pretendidas fotografías de espíritus sean investigadas del modo más fidedigno, antes de ser reconocidas como auténticas. Pues bien, en la pág. 187 de su obra cuenta el señor Wallace que en marzo de 1872 una señora Guppy, cuyo nombre de familia era Nicholls, una médium muy conocida, se hizo fotografiar en Notting Hill,[4] en casa del señor Hudson, en unión de su esposo y de su niño, y en ambas fotografías aparece detrás de ella una alta

* Como ya hemos dicho, los pacientes van adquiriendo mayor perfección con la práctica. Cabe, pues, la posibilidad de que, al hacerse habitual la sumisión de la voluntad y cobrar mayor intimidad la relación entre las dos partes, se potencien algunos de los fenómenos y se manifiesten de modo reflejo incluso estando el paciente despierto. [*Nota de Engels*.]

figura de mujer delicadamente *(finely)* envuelta en gasa blanca, con rasgos un poco orientales y en actitud de bendecir. "Una de dos cosas *son,* aquí, absolutamente ciertas.* O se acusa la presencia de un ser vivo e inteligente, o el señor y la señora Guppy, el fotógrafo y una cuarta persona han urdido un vil *(wicked)* fraude, sin desdecirse de él desde entonces. Pero yo conozco muy bien al señor y a la señora Guppy y tengo la *convicción absoluta* de que son tan incapaces de un fraude de esta naturaleza como en el campo de las ciencias naturales podría serlo cualquier serio investigador de la verdad" [página 188].

Por tanto, una de dos: o fraude o fotografía de un espíritu. De acuerdo. Y, en caso de fraude, o el espíritu figuraba ya previamente en la placa fotográfica o tienen que haberse confabulado, para urdirlo, cuatro personas, o bien tres, si dejamos a un lado, por no estar ya en su sano juicio o por ser víctimas de un engaño, al viejo señor Guppy, que murió tres años más tarde, en enero de 1875, a los 84 años de edad (bastaba con haberlo mandado colocarse detrás del biombo que aparece al fondo). No hace falta perder muchas palabras en demostrar que cualquier fotógrafo podía, sin dificultad, procurarse un "modelo" para hacer de espíritu. Y se da, además, el caso de que, poco después, el fotógrafo Hudson fue públicamente denunciado como falsificador habitual de fotografías de espíritus, lo que lleva al señor Wallace a añadir, a manera de reserva: "De lo que no cabe duda es que, de existir un fraude, inmediatamente habría sido descubierto por los espiritualistas" [pág. 189]. Como vemos, el fotógrafo no inspira gran confianza. Queda la señora Guppy, en favor de la cual habla "el convencimiento absoluto" de su amigo Wallace, pero nada más. -¿Nada más? En modo alguno. En favor de la absoluta confianza que la señora Guppy inspira habla su propia afirmación de que un día de junio de 1871, al anochecer, fue transportada por los aires en estado inconsciente desde su casa en Higbury Hill Park hasta el núm. 69 de la Lambs Conduit Street -tres millas inglesas en línea recta- y depositada sobre una mesa, en medio de una reunión de espiritistas, al llegar a dicha casa, en el número 69. Las puertas de la sala estaban cerradas y, a pesar de que la señora Guppy era una de las damas más obesas de Londres, que ya es decir, su súbita irrupción en la sala no abrió ningún boquete

* "Here, then, one of two things *are* absolutaly certain." El mundo de los espíritus está por encima de las leyes de la gramática. Un bromista citó en una sesión de espiritismo al espíritu del gramático Lindley Murray. Al preguntársele si estaba allí, contestó: "I are" (giro norteamericano. en lugar de "I am").[5] Y es que el médium era de los Estados Unidos. [*Nota de Engels*.]

visible ni en las puertas ni en el techo (todo lo cual aparece relatado en el *Echo* de Londres, número de 8 de julio de 1871). Quien, a la vista de tales detalles, no crea en la autenticidad de la fotografía espiritista de que hemos hablado, es un incrédulo incorregible.

El segundo notable adepto, entre los naturalistas ingleses, es el señor William Crookes, el descubridor del elemento químico llamado talio e inventor del radiómetro (que los alemanos llaman molido de luz).[6] El señor Crookes comenzó a investigar las manifestaciones espiritistas hacia el año 1871, empleando para ello toda una serie de aparatos físicos y mecánicos, balanzas de resorte, baterías eléctricas, etc. Enseguida veremos si contaba, además, para estos experimentos con el aparato más importante de todos, que es una cabeza escéptica y crítica y si supo conservarlo hasta el final en estado de funcionamiento. Desde luego, podemos asegurar que el señor Crooks ha dado pruebas de hallarse prisionero de las mismas engañosas ilusiones que el señor Wallace. "Hace algunos años -cuenta éste- que una joven señorita llamada Florence Cook viene revelando notables aptitudes como médium; no hace mucho, estas aptitudes llegaron a su punto culminante, al producir una figura completa de mujer que asegura tener un origen espiritista y que se presentó descalza y envuelta en una túnica blanca flotante, mientras la médium yacía en un cuarto *(cabinet)* o sala adyacente, con las cortinas echadas, atada y sumida en profundo sueño".[7] Este espíritu, que se hacía llamar Katey y que se parecía extraordinariamente a la señorita Cook, fue tomado y retenido una noche, repentinamente, del talle por el señor Volckman -el actual esposo de la señora Guppy- para comprobar si no se trataba de otra edición de la señorita Cook. El espíritu se comportó como una dama recia y vigorosa, se defendió con todas sus fuerzas, los circunstantes intervinieron en la refriega, alguien apagó el gas y, al restablecerse la paz tras el tumulto e iluminarse de nuevo la sala, el espíritu se había esfumado y la señorita Cook aparecía tendida en su rincón, atada e inconsciente. Parece que el señor Volckman jura y perjura todavía hoy que tuvo entre sus brazos a la señorita Cook, y a nadie más. Para cerciorarse científicamente de ello, un famoso especialista en electricidad, el señor Varley, comunicó por medio de una batería una corriente eléctrica a la médium, señorita Cook, de modo que ésta no pudiese hacerse pasar por el espíritu sin que la corriente se interrumpiera. A pesar de lo cual, el espíritu compareció. Se trataba, pues, efectivamente, de un ser distinto de la señorita Cook. De confirmar esto con nuevas pruebas se encargó el señor Crookes. Su primer paso consistió en ganarse la *confianza* de la dama conductora de espíritus. Esta confianza -nos cuenta él mismo en el *Spiritualist* de 5 de junio de 1874- "fue creciendo poco

a poco hasta el punto de negarse a participar en ninguna sesión a menos que *yo dirigiese los arreglos necesarios.* Dijo que necesitaba tenerme siempre *a mí* cerca de ella y de su gabinete; yo, por mi parte, me di cuenta de que, una vez ganada y asegurada esta confianza, *no faltaría a ninguna de las promesas que le hiciera*; los fenómenos fueron ganando, así, en intensidad y se obtenían por libre consentimiento medios probatorios que por otro conducto habrían sido inasequibles. Ella *me consultaba* frecuentemente con respecto a las personas presentes en las sesiones y acerca de los lugares que se les debía asignar, pues últimamente se había vuelto muy nerviosa *(nervous)* a consecuencia de ciertas alusiones inoportunas en el sentido de que, junto a otros métodos de investigación más científicos, debía recurrirse también a la *violencia".*[8]

La señorita espiritista no defraudó en lo más mínimo esta confianza tan afectuosa como científica depositada en ella. Incluso llegó a presentarse -lo que ahora ya no puede asombrarnos- en la casa del señor Crookes, se puso a jugar con sus niños y les contó "anécdotas de sus aventuras en la India", relató al señor Crookes "algunas de las amargas experiencias de su pasado",[9] hizo que la tomase en sus brazos para convencerse de su recia materialidad, le pidió que contara sus pulsaciones y respiraciones al minuto y, por último, se hizo fotografiar al lado del dueño de la casa. "Después de haber sido vista, tocada, fotografiada y escuchada en conversación con ella, esta figura -dice el señor Wallace- *desapareció en absoluto* de un pequeño cuarto cuya única salida era una sala contigua, llena de espectadores" [pág. 183], lo que no representaba una gran hazaña, siempre y cuando que los tales espectadores fuesen lo bastante corteses para demostrar al señor Crookes, en cuya casa sucedía todo esto, la misma confianza que él había depositado en el espíritu.

Desgraciadamente, ni los mismos espiritualistas pueden prestarse a creer sin más, a pies juntillas, estas "experiencias plenamente demostradas. Ya hemos visto más arriba cómo el muy espiritualista señor Volckman se permitió asirse de una prueba muy tangible. Y he aquí, ahora, que un clérigo, miembro del comité de la Asociación nacional británica de espiritualistas, ha asistido también a una sesión de la señorita Cook, pudiendo comprobar sin dificultad que el cuarto por el que entró y desapareció el espíritu se comunicaba con el mundo exterior por una *segunda puerta.* Y añade que el modo de comportarse el señor Crooke, presente también en la sesión, "descargó el golpe de muerte sobre mi creencia de que pudiera haber algo en estas manifestaciones" *(Mystic London,* by the

Rev. C. Maurice Davies, Londres, Tinsley Brothers).[10] Por si esto no fuera bastante, se puso al descubierto en los Estados Unidos cómo se "materializaba" a "Katey". Un matrimonio de nombre Holmes dio en Filadelfia una serie de representaciones, en las que salía a escena también una "Katey" a la que los creyentes obsequiaban con numerosos regalos. Hubo, sin embargo, un escéptico que no descansó hasta cerciorarse de quién era la tal Katey, la cual, por lo demás, se había puesto en huelga más de una vez por falta de pago. Tras diversas averiguaciones, la localizó en una *boarding house* (casa de huéspedes), donde se alojaba como una señorita tangible, de carne y hueso, en posesión de todas las ofrendas hechas al espíritu.

Pero también el continente estaba llamado a vivir su historia científica espiritista. Una institución científica de San Petersburgo - no sé exactamente si la Universidad o incluso la Academia de Ciencias delegó en dos señores, el consejero de Estado Aksákov y el químico Bútlerov, para que indagasen los fenómenos del espiritismo, sin que, al parecer, sacasen gran cosa en limpio.[11] Y en la actualidad -si hemos de creer en lo que públicamente anuncian los espiritistas-, también Alemania ha suministrado a estos asuntos un hombre de ciencia, en la persona del señor profesor Zóllner, de Leipzig.

Sabemos que el señor Zöllner viene trabajando desde hace años en la "cuarta dimensión" del espacio, habiendo descubierto que muchas cosas que son imposibles en un espacio tridimensional se comprenden por sí mismas en el espacio de cuatro dimensiones. Así, por ejemplo, en este espacio se puede dar la vuelta como a un guante a una esfera de metal sin hacerle ningún agujero, practicar un nudo con una cuerda que no tenga cabos o se halle atada en sus dos extremos, enlazar dos anillos cerrados sin romper ninguno de ellos y qué sé yo cuántos portentos más por el estilo. Se dice que, habiéndose conocido nuevos relatos victoriosos acerca del mundo de los espíritus, el señor profesor Zöllner se puso en contacto con uno o varios médiums, con objeto de localizar con su ayuda el lugar preciso de la cuarta dimensión. El éxito obtenido fue, al parecer, sorprendente. El respaldo de la silla en que el profesor tenía apoyado el brazo, con la mano constantemente puesta sobre la mesa, apareció, después de la sesión, según se asegura, entrelazado con el brazo; una cuerda sellada por las dos puntas sobre la mesa presentaba cuatro nudos, etc. En una palabra, los espíritus realizaron como jugando todos los milagros de la cuarta dimensión. *Relata refero,*[12] naturalmente; me limito a contar lo que he leído, sin responder de la veracidad de estos boletines del mundo de los espíritus, y, si en ellos se contuvieran falsedades, debiera el señor

Zöllner agradecerme que le deparara la ocasión de rectificarlas. Claro está que si, por el contrario, estos boletines reprodujesen verídicamente las experiencias del profesor Zöllner abrirían, indudablemente, una nueva era tanto en la ciencia espiritista como en las matemáticas. Los espíritus prueban la existencia de la cuarta dimensión, lo mismo que ésta aboga por la existencia de los espíritus. Una vez que se ha sentado esta premisa, se abre ante la ciencia un campo totalmente nuevo e inmenso. Todas las matemáticas y las ciencias naturales anteriores pasan a ser simplemente una escuela preparatria para las matemáticas de la cuarta dimensión y de otras dimensiones superiores y para la mecánica, la física, la química y la fisiología de los espíritus que moran en estos espacios multidimensionales. No en vano el señor Crookes ha establecido científicamente la pérdida de peso que experimentan las mesas y otros muebles al pasar -pues ya creemos que vale expresarse así- a la cuarta dimensión, y el señor Wallace da por sentado que allí el fuego no hace la menor mella en el cuerpo del hombre. ¡Y no digamos, la fisiología de estos cuerpos espiritistas! Sabemos que respiran, que tienen pulsaciones y, por consiguiente, pulmones, corazón y aparato circulatorio, hallándose con seguridad, por lo menos, tan bien provistos como nosotros en lo que a los restantes órganos físicos se refiere. En efecto, para poder respirar hacen falta hidrocarburos, quemados en los pulmones y que sólo pueden provenir de fuera: hacen falta, por tanto, estómago, intestinos y demás aditamentos, y, demostrada la existencia de esto, lo demás se deriva sin dificultad. Ahora bien, la existencia de tales órganos implica la posibilidad de que se enfermen, lo que puede colocar al señor Virchow en el trance de tener que escribir una patología celular del mundo de los espíritus. Como la mayoría de los tales espíritus son señoritas maravillosamente bellas, que en nada, lo que se dice en nada, se distinguen de las damas de carne y hueso que andan por las calles como no sea por su belleza supraterrenal, se comprende que no pueda pasar mucho tiempo antes de que tropiecen con "hombres en quienes enciendan el amor";[13] y puesto que, como el señor Crooke ha comprobado por las pulsaciones, palpita en ellas "el corazón femenino", tenemos que también ante la selección natural se abre una cuarta dimensión, en la cual no tiene ya por qué temer que se la confunda con la maligna social-democracia .[14]

Pero, basta. Creemos que a la luz de lo que queda dicho se revela de un modo bien tangible cuál es el camino más seguro que conduce de las ciencias naturales al misticismo. No es el de la enmarañada teoría de la filosofía de la naturaleza, sino el del más trivial empirismo, que desprecia todo lo que sea teoría y desconfía

de todo lo que sea pensamiento. No es la necesidad apriorística la que pretende probar la existencia de los espíritus, sino que son las observaciones empíricas de los señores Wallace, Crookes y Cía. Si damos crédito a las observaciones realizadas por Crooke mediante el análisis espectroscópico y que le llevaron al descubrimiento del metal llamado talio o a los abundantes descubrimientos zoológicos llevados a cabo por Wallace en el archipiélago malayo, se nos exige que depositemos la misma fe en las experiencias y los descubrimientos espiritistas de ambos investigadores. Y cuando contestamos a esto que existe una pequeña diferencia, a saber: la de que los primeros podemos comprobarlos y los segundos no, los visionarios nos replican que estamos equivocados y que no tienen inconveniente en ayudarnos a comprobar también, experimentalmente, los fenómenos espiritistas.

En realidad, nadie puede despreciar impunemente a la dialéctica. Por mucho desdén que se sienta por todo lo que sea pensamiento teórico, no es posible, sin recurrir a él, relacionar entre sí dos hechos naturales o penetrar en la relación que entre ellos existe. Lo único que cabe preguntarse es si se piensa acertadamente o no, y no cabe duda de que el desdén por la teoría constituye el camino más seguro para pensar de un modo naturalista y, por tanto, falso. Y el pensamiento falso, cuando se le lleva a sus últimas consecuencias, conduce generalmente; según una ley dialéctica ya de antiguo conocida, a lo contrario de su punto de partida. Por donde el desprecio empírico por la dialéctica acarrea el castigo de arrastrar a algunos de los más fríos empíricos a la más necia de todas las supersticiones, al moderno espiritismo.

Otro tanto ocurre con las matemáticas. Los matemáticos metafísicos usuales se jactan con gran orgullo de que los resultados de su ciencia son absolutamente inconmovibles. Pero entre estos resultados figuran también las magnitudes imaginarias, dotadas, por tanto, de una cierta realidad. Y cuando uno se acostumbra a atribuir a /-1 o a la cuarta dimensión una cierta realidad fuera de nuestra cabeza, ya no importa dar un paso más y aceptar también el mundo espiritista de los médiums. Ocurre como Ketteler decía de Döllinger: "Este hombre ha defendido en su vida tantos absurdos, que bien puede defender uno más, el de la infalibilidad."[15]

En realidad, el simple empirismo es incapaz de hacer frente a los espiritistas y refutarlos. En primer lugar, porque los fenómenos "superiores" no aparecen sino cuando el "investigador" en cuestión se halla tan obnubilado, que sólo ve lo que debe o quiere ver, como el propio Crookes lo describe, con un candor tan inimitable. Y, en

segundo lugar, porque a los espiritistas les tiene sin cuidado el que cientos de supuestos hechos resulten ser un fraude y docenas de supuestos médiums sean desenmascarados como vulgares estafadores. Mientras no se hayan descartado, uno por uno, *todos* los supuestos portentos, siempre les quedará terreno bastante donde pisar, como claramente nos lo dice Wallace, con motivo de las fotografías de espíritus falsificadas. La existencia de falsificaciones no hace más que probar la autenticidad de las verdaderas.

De este modo, el empirismo se ve obligado a rechazar con reflexiones teóricas la pegajosa insistencia de los visionarios, ya que los experimentos empíricos no bastan, y a decir, con Huxley: "Lo único bueno que, a mi juicio, podría ponerse de manifiesto, al demostrar la verdad del espiritualismo, sería el suministrar un nuevo argumento en contra del suicidio. ¡Antes vivir como un barrendero que decir necedades desde el reino de los muertos por boca de un médium que se alquila a razón de veinte chelines por sesión."[16]

DIALECTICA[1]

(Desarrollar la naturaleza general de la dialéctica, como ciencia de las concatenaciones, por oposición a la metafísica.)

Las leyes de la dialéctica se abstraen, por tanto, de la historia de la naturaleza y de la historia de la sociedad humana. Dichas leyes no son, en efecto, otra cosa que las leyes más generales de estas dos fases del desarrollo histórico y del mismo pensamiento. Y se reducen, en lo fundamental, a tres:

ley del trueque de la cantidad en cualidad, y viceversa;
ley de la penetración de los contrarios;
ley de la negación de la negación.

Las tres han sido desarrolladas por Hegel, en su manera idealista, como simples leyes del *pensamiento:* la primera, en la primera parte de la *Lógica,* en la teoría del Ser; la segunda ocupa toda la segunda parte, con mucho la más importante de todas, de su *Lógica,* la teoría de la Esencia; la tercera, finalmente, figura como la ley fundamental que preside la estructura de todo el sistema. El error reside en que estas leyes son impuestas, como leyes del pensamiento, a la naturaleza y a la historia, en vez de derivarlas de ellas. De ahí proviene toda la construcción forzada y que, no pocas veces, pone los pelos de punta: el mundo, quiéralo o no, tiene que organizarse con arreglo a un sistema discursivo, que sólo es, a su vez, producto de una determinada fase de desarrollo del pensamiento humano. Pero, si invertimos los términos, todo resulta sencillo y las leyes dialécticas, que en la filosofía idealista parecían algo extraordinariamente misterioso, resultan inmediatamente sencillas y claras como la luz del sol.

Por lo demás, quien conozca un poco a Hegel sabe que éste aduce también, en cientos de pasajes, los ejemplos concretos más palpables tomados de la naturaleza y de la historia para ilustrar las leyes dialécticas.

No nos proponemos escribir aquí un tratado de dialéctica, sino simplemente demostrar que las leyes dialécticas son otras tantas leyes reales que rigen el desarrollo de la naturaleza y cuya vigencia es también aplicable, por tanto, a la investigación teórica natural. No podemos, por consiguiente, entrar a estudiar la conexión interna de estas leyes entre sí.

I. Ley del trueque de la cantidad en cualidad, y viceversa. Podemos expresar esta ley, para nuestro propósito, diciendo que, en la naturaleza, y de un modo claramente establecido para cada caso singular, los cambios cualitativos sólo pueden producirse mediante la adición o sustracción cuantitativas de materia o de movimiento (de lo que se llama energía).

Todas las diferencias cualitativas que se dan en la naturaleza responden, bien a la diferente composición química, bien a las diferentes cantidades o formas de movimiento (energía), o bien, como casi siempre ocurre, a ambas cosas a la vez. Por consiguiente, es imposible cambiar la cualidad de un cuerpo sin añadir o sustraer materia o movimiento, es decir, sin un cambio cuantitativo del cuerpo de que se trata. Bajo esta forma, la misteriosa tesis hegeliana, no sólo resulta perfectamente racional, sino que se revela, además, con bastante evidencia.

No creemos que haga falta pararse a señalar que los diferentes estados alotrópicos y conglomerados de los cuerpos, al descansar sobre una distinta agrupación molecular, responden también a cantidades mayores o menores de movimiento añadidas al cuerpo correspondiente.

Pero, ¿y los cambios de forma del movimiento o de la llamada energía? Cuando transformamos el calor en movimiento mecánico, o a la inversa, cambia la cualidad, mas ¿la cantidad permanece igual? Exactamente. Ahora bien, los cambios de forma del movimiento son como los vicios de Heine: cualquiera por separado puede ser virtuoso; en cambio, para el vicio tienen que juntarse dos.[2] Los cambios de forma del movimiento son siempre un fenómeno que se efectúa entre dos cuerpos por lo menos, uno de los cuales pierde una determinada cantidad de movimiento de esta cualidad (por ejemplo, calor), mientras que el otro recibe la cantidad correspondiente de movimiento de aquella otra cualidad (movimiento mecánico, electricidad, descomposición química). Por tanto, cantidad y cualidad se corresponden, aquí, mutuamente. Hasta ahora, no se ha logrado convertir una forma de movimiento en otra dentro de un solo cuerpo aislado.

Aquí, por el momento, sólo hablamos de cuerpos inanimados; para los cuerpos vivos rige la misma ley, pero ésta actúa bajo condiciones muy complejas, y, hasta hoy, resulta todavía imposible, con frecuencia, establecer la medida cuantitativa.

Si nos representamos un cuerpo inanimado cualquiera dividido en partes cada vez más pequeñas, vemos que no se opera, por el momento, ningún cambio cualitativo. Pero esto tiene sus límites: si logramos, como en la evaporación, liberar las distintas moléculas sueltas, podremos, en la mayor parte de los casos, seguir dividiéndolas, aunque solamente mediante un cambio total de la

cualidad. La molécula se descompone ahora en los átomos, los cuales presentan cualidades completamente distintas de aquélla. En moléculas formadas por distintos elementos químicos, vemos que la molécula compuesta deja el puesto a los átomos o a la molécula de estos elementos mismos; y en las moléculas elementales, aparecen los átomos libres, que producen resultados cualitativos completamente distintos: los átomos libres del oxígeno en estado naciente consiguen como jugando lo que jamás serían capaces de lograr los átomos del oxígeno atmosférico vinculados en la molécula.

Pero ya la misma molécula es algo cualitativamente distinto de la masa corpórea de que forma parte. Puede llevar a cabo movimientos independientemente de ésta y mientras ésta permanece en aparente quietud, como ocurre, p.e., en las vibraciones del calor; puede, por medio del cambio de situación y de la trabazón con las moléculas vecinas, colocar al cuerpo en un estado alotrópico o de conglomerado, etc.

Vemos, pues, que la operación puramente cuantitativa de la división tiene un límite, a partir del cual se trueca en una diferencia cualitativa: la masa está formada toda ella por moléculas, pero es algo esencialmente distinto de la molécula, lo mismo que ésta es, a su vez, algo esencialmente distinto del átomo. Sobre esta diferencia descansa precisamente la separación entre la mecánica, como ciencia de las masas celestes y terrestres, de la física, que es la mecánica de la molécula, y de la química, que es la física de los átomos.

En la mecánica no se dan cualidades, sino, a lo sumo, estados como los de equilibrio, movimiento y energía potencial, todos los cuales se basan en la transferencia mensurable de movimiento y pueden expresarse de por sí de un modo cuantitativo. Por tanto, en la medida en que se produce aquí un cambio cualitativo, este cambio se halla condicionado por el cambio cuantitativo correspondiente.

La física considera los cuerpos como químicamente inmutables o indiferentes; estudia solamente los cambios de sus estados moleculares y las alteraciones de forma del movimiento, que la molécula pone en acción en todos los casos, por lo menos en uno de los dos lados. Todo cambio es aquí un trueque de cantidad en cualidad, una sucesión de modificaciones cuantitativas de la cantidad de movimiento de cualquier forma inherente al cuerpo o comunicado a él. "Así, por ejemplo, vemos que el grado de temperatura del agua es, al principio, indiferente por lo que se refiere a su fluidez líquida; pero, al aumentar o disminuir la temperatura del agua fluida, se llega a un punto en el que este estado de cohesión cambia y el agua se convierte, de una parte, en

vapor y de otra parte en hielo" (Hegel, *Enzyklopädie,* Obras completas, tomo VI, pág. 217).[3] Del mismo modo, hace falta una determinada intensidad mínima de corriente para que el alambre de platino de la lámpara eléctrica se encienda; asimismo, vemos que todo metal tiene su punto térmico de combustión y de fusión y todo líquido su punto de congelación y de ebullición, bajo una presión determinada, en la medida en que los medios de que disponemos nos permitan producir la temperatura necesaria; y, finalmente, que todo gas llega a un punto crítico, en el que la presión y el enfriamiento lo licuan. En una palabra, las llamadas constantes de la física no son, en la mayoría de los casos, otra cosa que indicaciones de puntos nodulares en que el «cambio»,[4] la adición o sustracción cuantitativa de movimiento, provoca un cambio cualitativo en el estado del cuerpo de que se trata; en que, por tanto, la cantidad se trueca en cualidad.

Pero el campo en que alcanza sus triunfos más imponentes la ley natural descubierta por Hegel es la química. Podríamos decir que la química es la ciencia de los cambios cualitativos de los cuerpos como consecuencia de los cambios operados en su composición cuantitativa. Esto lo sabía ya el propio Hegel *(Logik,* Obras completas, III, pág. 433).[5] Basta fijarse en el oxígeno: si se combinan tres átomos para formar una molécula, en vez de los dos de la combinación usual, tenemos el ozono, un cuerpo que se distingue claramente del oxígeno corriente, tanto por el olor como por los efectos. Y no hablemos ya de las diferentes proporciones en que el oxígeno se combina con el nitrógeno o el azufre y cada una de las cuales forma un cuerpo cualitativamente distinto de los otros. El gas hilarante (monóxido de nitrogeno N_2O) es muy distinto del anhídrido ácido-nítrico (pentóxido nítrico N_2O_5). El primero es un gas; el segundo, bajo temperatura corriente, un cuerpo sólido cristalino. Y, sin embargo, toda la diferencia de composición entre ambos cuerpos se reduce a que el segundo contiene cinco veces más oxígeno que el primero, y entre uno y otro se hallan, además, otros tres óxidos del nitrógeno (NO, N_2O_3, NO_2), todos ellos cualitativamente distintos de aquellos dos y entre sí.

Y esto resalta todavía de un modo más palmario en las series homólogas de las combinaciones de carbono, de los hidrógenos carburados más simples. La más baja de las parafinas normales es el metano, CH_4; las cuatro unidades combinadas del átomo del carbono se saturan aquí con cuatro átomos de hidrógeno. La segunda, el etano, C_2H_6, combina entre sí dos átomos de carbono y satura las seis unidades libres combinadas con seis átomos de hidrógeno. Y así sucesivamente, pasando por C_3H_8, C_4H_{10}, etc., con arreglo a la fórmula algebraica $C_nH_{n2\,+\,2}$, de tal modo que, al

aumentar cada vez un CH_2, va produciéndose, una vez tras otra, un cuerpo cualitativamente distinto de los anteriores. Los tres miembros más bajos de la serie son gases; el más alto que se conoce, el hexadecano, $C_{16}H_{34}$, un cuerpo sólido, cuyo punto de ebullición son los 270 grados C. Y exactamente lo mismo se comporta la serie de los alcoholes primarios derivados (teóricamente) de las parafinas, con la fórmula $C_nH_{2n}+_2O$, con respecto a los ácidos grasos, monobásicos (fórmula: $C_nH_{2n}O_2$). Qué diferencia cualitativa puede producir la adición cuantitativa de C_3H_6 nos lo enseña la experiencia, cuando ingerimos alcohol etílico C_2H_6O, bajo cualquiera de sus formas potables, sin mezcla de otros alcoholes y cuando ingerimos el mismo alcohol etílico, pero añadiéndole alcohol amílico $C_5H_{12}O$, que forma el elemento principal integrante del infame aguardiente amílico. Nuestra cabeza se da clara cuenta de ello, sin duda alguna, a la otra mañana, bien a su pesar, hasta el punto de que bien puede decirse que la borrachera y el consiguiente malestar del día siguiente vienen a ser como la cantidad transformada en cualidad, por una parte del alcohol etílico y, por otra, de la adición de este C_3H_6.

En estas series químicas, la ley hegeliana se nos presenta, además, sin embargo, bajo otra forma. Los miembros inferiores sólo admiten una única estratificación mutua de los átomos. Pero, una vez que el número de átomos combinados en una molécula alcanza la magnitud determinada para cada serie, la agrupación de los átomos en la molécula puede efectuarse de múltiples modos; pueden presentarse, por tanto, dos o más cuerpos isómeros que, aun conteniendo el mismo número de átomos de C, H u O en una sola molécula, sean, no obstante, cualitativamente distintos. Podemos, incluso, calcular cuantas de estas isomerías pueden darse en cada miembro de la serie. Así, tenemos que en la serie de la parafina, para la fórmula C_4H_{16} pueden darse dos, y para la fórmula C_5H_{12} tres; en los miembros superiores de la serie, el número de posibles isomerías va aumentando muy rápidamente. Es, por tanto, una vez más, el número cuantitativo de átomos contenidos en la molécula el que sienta la posibilidad y, una vez comprobada ésta, el que condiciona, además, la existencia real de estos cuerpos isómeros cualitativamente distintos.

Más aún. Partiendo de la analogía de los cuerpos que conocemos en cada una de estas series, podemos sacar conclusiones con respecto a las propiedades físicas de los miembros de la serie que aún no conocemos y predecir con bastante seguridad estas cualidades, el punto de ebullición, etc., en cuanto a los miembros que vienen inmediatamente después de los conocidos.

Finalmente, la ley de Hegel no rige solamente para los cuerpos compuestos, sino también para los mismos elementos químicos. Ahora, sabemos que "las propiedades químicas de los elementos son una función periódica de los pesos atómicos" (Roscoe-Schorlemmer, *Ausführliches Lehrbuch der Chemie* ["Tratado detallado de química"], tomo II, pág. 823),[6] es decir, que su cualidad se halla condicionada por la cantidad de su peso atómico. Y la prueba de esto se ha llevado a cabo de un modo brillante. Mendeleiev ha demostrado que en las series de elementos afines, ordenadas por sus pesos atómicos, aparecen diferentes lagunas, indicio de que quedan nuevos elementos por descubrir. Uno de estos elementos desconocidos, a que Mendeleiev dio el nombre de ekaaluminio,[7] porque en la serie que comienza con el aluminio sigue a éste, fue descrito de antemano por él con arreglo a sus propiedades químicas generales, prediciendo aproximadamente tanto su peso atómico y específico como su volumen atómico. Unos cuantos años después, descubría realmente Lecoq de Boisbaudran este elemento, y las predicciones de Mendeleiev se confirmaban, salvo muy pequeñas variantes. El ekaaluminio se hacía realidad en el galio (obra cit., pág. 828). Mediante la aplicación -no consciente- de la ley hegeliana del trueque de la cantidad en cualidad, había logrado Mendeleiev llevar a cabo una hazaña científica que puede audazmente parangonarse con la de Leverrier al calcular la órbita de Neptuno, cuando todavía este planeta era desconocido. En la biología, al igual que en la historia de la sociedad humana, se comprueba a cada paso la misma ley, pero aquí no queremos apartarnos de los ejemplos tomados de las ciencias exactas, donde las cantidades son exactamente mensurables e investigables.

Es probable que esos mismos señores que hasta el presente han venido denostando el trueque de la cantidad en cualidad como misticismo e incomprensible transcendentalismo, digan ahora que es algo evidente por sí mismo, consabido y trivial, algo que ellos aplican desde hace mucho tiempo y que, por consiguiente, no les enseña absolutamente nada nuevo. No cabe duda de que constituye siempre un hecho histórico-universal el proclamar por vez primera bajo la forma de su vigencia general una ley universal que rige para el desarrollo de la naturaleza, de la sociedad y del pensamiento. Y si esos señores se han pasado la vida viendo cómo la cantidal se trocaba en cualidad, pero sin saberlo, tendrán que consolarse con aquel monsieur Jourdain de Molière,[8] que se pasó también la vida hablando en prosa sin tener ni la más remota idea de ello.[9]

FORMAS FUNDAMENTALES DEL MOVIMIENTO[1]

El movimiento, en el sentido más general de la palabra, concebido como una modalidad o un atributo de la materia, abarca todos y cada uno de los cambios y procesos que se operan en el universo, desde el simple desplazamiento de lugar hasta el pensamiento. La investigación de la naturaleza del movimiento debiera, evidentemente, partir de las formas más bajas y más simples de este movimiento y explicarlas, antes de remontarse a la explicación de las formas más altas y más complicadas. Así, vemos cómo, en la trayectoria histórica de las ciencias naturales, se desarrolla ante todo la teoría del simple desplazamiento de lugar, la mecánica de los cuerpos celestes y de las masas terrestres; viene luego la teoría del movimiento molecular, la física, y enseguida, casi al mismo tiempo y, a veces incluso adelantándose a ella, la ciencia del movimiento de los átomos, la química. Y solamente después de haber alcanzado un alto grado de desarrollo estas diversas ramas de la ciencia de las formas del movimiento que se refieren a la naturaleza inanimada, ha sido posible abordar con éxito la explicación de los fenómenos del movimiento que se dan en los procesos biológicos. Esta explicación avanzó en proporción a los avances experimentados por la mecánica, la física y la química. Así, pues, mientras que la mecánica se hallaba desde hacía ya mucho tiempo en condiciones de reducir satisfactoriamente a las leyes que rigen también en la naturaleza inanimada los efectos que en el cuerpo animal se deben a las palancas óseas puestas en movimiento por la contracción muscular, la fundamentación físico-química de los demás fenómenos biológicos se halla todavía casi en sus comienzos. Por tanto, al investigar aquí la naturaleza del movimiento, nos vemos obligados a dejar a un lado las formas del movimiento orgánicas, limitándonos obligadamente -con arreglo al estado de la ciencia- a las formas de movimiento de la naturaleza inanimada.

Todo movimiento va unido, de un modo o de otro, a cierto desplazamiento de lugar, ya sea de los cuerpos celestes, las masas terrestres, las moléculas, los átomos o las partículas del éter. Cuanto más alta sea la forma del movimiento, menor será este desplazamiento de lugar. El desplazamiento de lugar no agota, en modo alguno, la naturaleza del movimiento en cuestión, pero es inseparable de él. Es, por tanto, lo primero que hay que investigar.

Toda la naturaleza asequible a nosotros forma un sistema, una concatenación general de cuerpos, entendiendo aquí por cuerpos todas las existencias materiales, desde los astros hasta los átomos, más aún hasta las partículas del éter, de cuanto existe. El hecho de que estos cuerpos aparezcan concatenados lleva ya implícito el que actúan los unos sobre los otros, y en esta su acción mutua consiste precisamente el movimiento. Ya esto, por sí sólo, indica que la materia es inconcebible sin el movimiento. Y si, además, la materia aparece ante nosotros como algo dado, como algo que ni ha sido creado ni puede ser destruido, ello quiere decir que también el movimiento es algo increado e indestructible. Esta conclusión se reveló como irrefutable desde el momento mismo en que el universo se impuso al conocimiento como un sistema, como una concatenación de cuerpos. La conciencia de esto se abrió paso en la filosofía mucho antes de que llegara a dar frutos en las ciencias naturales, y ello explica por qué la filosofía llegó a la conclusión de la increabilidad e indestructibilidad del movimiento unos doscientos años antes que dichas ciencias. Y la misma forma en que lo hizo sigue estando todavía hoy por encima de la formulación que actualmente dan al problema las ciencias naturales. La tesis cartesiana de que la cantidad de movimiento existente en el universo permanece invariable sólo peca desde el punto de vista formal, puesto que emplea una expresión finita para expresar una magnitud infinita. En cambio, en las ciencias naturales prevalecen, actualmente, dos expresiones de la misma ley: la de Helmholtz acerca de la conservación de la *fuerza* y la más moderna y más precisa acerca de la conservación de la *energía,* una de las cuales, como veremos, dice precisamente lo contrario de la otra, sin que, además, ninguna de las dos exprese más que uno de los lados de la relación.

Cuando dos cuerpos actúan el uno sobre el otro, dando como resultado el desplazamiento de lugar de uno de ellos, este desplazamiento de lugar sólo puede consistir en un acercamiento o en un alejamiento. O los cuerpos se atraen o se repelen. O bien, para decirlo en los términos en que se expresa la mecánica, las fuerzas que entre ellos actúan son fuerzas centrales que operan en la dirección de la línea de entronque de sus centros. Hoy, consideramos ya como evidente el que esto ocurra y que ocurra por doquier y sin excepción en el universo, aunque algunos movimientos nos parezcan complicados. Se nos antojaría un contrasentido suponer que dos cuerpos que actúan el uno sobre el otro y cuya mutua acción no tropieza con la interferencia o la acción de un tercer grupo, hubieran de desarrollar esta acción por un camino que no fuese el más corto y el más directo, en la

dirección de las dos rectas que unen sus centros.* Pero, como es sabido, Helmholtz *(Erhaltung der Kraft,* Berlín, 1847, sección I y II)[3] ha aportado también la prueba matemática de que la acción central y la constancia de la cantidad de movimiento[4] se condicionan mutuamente y de que el admitir otras acciones que no sean centrales conduce a resultados en los que el movimiento podría ser creado o destruido. La forma fundamental de todo movimiento es, según esto, la aproximación o el alejamiento, la contracción o la expansión; en una palabra, la vieja contraposición polar de *atracción y repulsión.*

Hay que advertir expresamente que la atracción y la repulsión no se conciben, aquí, como lo que se llama *"fuerzas",* sino como simples *formas de movimiento*. No en vano Kant concebía ya la materia como la unidad de atracción y repulsión. Qué ocurre con las "fuerzas", lo veremos más adelante.

Todo movimiento consiste en el juego alternativo de atracción y repulsión. Pero el movimiento sólo puede darse cuando cada atracción singular se ve compensada por la correspondiente repulsión en otro lugar distinto. De otro modo, uno de los lados acabaría predominando con el tiempo sobre el otro, con lo que el movimiento cesaría, a la postre. Eso quiere decir que todas las atracciones y todas las repulsiones se compensan mutuamente en el universo. Por consiguiente, la ley de la indestructibilidad y la increabilidad del movimiento cobra, así, la expresión de que todo movimiento de atracción en el universo se ve complementado por un equivalente movimiento de repulsión, y viceversa; o, como lo expresaba la filosofía antigua -mucho antes de que las ciencias naturales formulasen la ley de la conservación de la fuerza o de la energía-, de que la suma de todas las atracciones operadas en el universo es igual a la suma de todas las repulsiones.

Quedan siempre en pie, sin embargo, dos posibilidades de que un día cese todo movimiento: una es la de que la atracción y la repulsión acaben equilibrándose, de hecho, alguna vez; otra, la de que toda la repulsión se apodere definitivamente de una parte de la materia, y toda la atracción de la parte restante. Pero ambas posibilidades deben ser desechadas de antemano, desde el punto de vista dialéctico. Desde el momento en que la dialéctica ha demostrado ya, partiendo de los resultados de nuestra experiencia de la naturaleza hasta el día de hoy, que todas las contraposiciones

* *Al margen del manuscrito, escrita a lápiz, aparece esta nota:* "Kant (dice), en la pág. 22, que las tres dimensiones del espacio se hallan condicionadas por el hecho de que esta atracción o repulsión se produce en razón inversa al cuadrado de la distancia."[2] *N. del ed.*

polares se hallan siempre condicionadas por el juego cambiante de los dos polos opuestos el uno sobre el otro, de que la separación y la oposición entre estos dos polos sólo existe dentro de su cohesión y, a la inversa, su unión solamente en su separación, su cohesión solamente en su oposición, no cabe hablar ni de un definitivo equilibrio entre repulsión y atracción ni de una definitiva adscripción de una forma de movimiento a la mitad de la materia y de la otra a la mitad restante; es decir, ni de la mutua acción[5] ni del absoluto divorcio entre los dos polos. Sería lo mismo que si, en el primer caso, se exigiera que se equilibraran entre sí el polo Norte y el polo Sur del campo magnético o que, en el segundo caso, el limar la aguja magnética en el centro de ambos polos creara, de una parte, una mitad septentrional sin polo Sur y en la otra una mitad meridional sin polo Norte. Pero, si la imposibilidad de admitir tales hipótesis se desprende de la misma naturaleza dialéctica de la contraposición polar, ello no es obstáculo para que, gracias a la mentalidad metafísica imperante entre los naturalistas, la segunda de dichas dos hipótesis siga desempeñando, por lo menos, cierto papel en la teoría física. De ello hablaremos en su lugar oportuno.

Ahora bien, ¿cómo se presenta el movimiento en el juego alternativo de atracción y repulsión? Como mejor puede investigarse esto es a la vista de las distintas formas del movimiento mismo. Al final, después de examinarlas todas, se establecerá el balance.

Fijémonos en el movimiento de un planeta en torno a su cuerpo central. La astronomía escolar al uso explica la elipse descrita, siguiendo a Newton, por la acción combinada de dos fuerzas, la de la atracción del cuerpo central y una fuerza tangencial que normalmente impulsa al planeta en el sentido de esta atracción. Admite, pues, además de la forma de movimiento que se opera de un modo central, otra tendencia de movimiento o llamada "fuerza" que se desarrolla en sentido perpendicular a la línea recta que une los puntos centrales. Con lo cual esta explicación entra en contradicción con la ley fundamental mencionada, según la cual en nuestro universo todo movimiento sólo puede operarse en la dirección de los puntos centrales de los cuerpos que actúan los unos sobre los otros o, para decirlo en los términos usuales, sólo es causalmente determinada por los "fuerzas" que actúan en sentido centrípeto. Y, de este modo, introduce en la teoría un elemento que, como también hemos visto, implica la creación y destrucción del movimiento y que, por tanto, presupone un creador. Se trata, por consiguiente, de reducir esta misteriosa fuerza tangencial a una forma centrípeta de movimiento, y esto es lo que hizo la teoría cosmogónica de Kant – Laplace. Como es sabido, según esta

concepción todo el sistema solar nació de una masa gaseosa extraordinariamente enrarecida y en rotación, mediante su gradual condensación, de tal modo que, como es natural, el movimiento de rotación de esta bola de gas cobró su mayor fuerza en el Ecuador: allí se desprendieron de la masa anillos de gas que luego se condensaron para formar los planetas, los planetoides, etc., girando en torno del cuerpo central, en el sentido de la rotación originaria. En cuanto a esta rotación misma, se la explica, generalmente, por el movimiento propio de las distintas partículas de gas, movimiento operado en las más diversas direcciones, pero de manera que acaba siempre imponiéndose el movimiento en una determinada dirección, lo que determina el movimiento giratorio, el cual va necesariamente intensificándose a medida que se contrae la nebulosa. Pero, cualquiera que sea la hipótesis que se acepte acerca del origen de la rotación, todas ellas eliminan la fuerza tangencial, para reducirla a una forma especial de manifestarse de un movimiento centrípeto. Si un elemento del movimiento planetario, el elemento directamente central, es representado por la gravedad, por la atracción que media entre él y el cuerpo central, el otro elemento, el elemento tangencial, aparece, en forma transferida o transformada, como un residuo de la originaria repulsión de las distintas partículas de la nebulosa. Por donde el proceso de existencia de un sistema solar se representa, ahora, como un juego alternativo de atracción y repulsión, en el que la atracción va ganando ventaja poco a poco y cada vez más por el hecho de que la repulsión se irradia en el espacio cósmico en forma de calor, perdiéndose, por tanto, en medida cada vez mayor, para el sistema.

A primera vista se observa que la forma de movimiento que aquí se concibe como repulsión es la misma que la física moderna llama *"energía"*. Por la contracción del sistema y la consiguiente disociación de los distintos astros que actualmente lo forman, el sistema ha perdido "energía", y esta pérdida de energía representa ya ahora, según el conocido cálculo de Helmholtz, el $^{453}/_{454}$ de toda la cantidad de movimiento originariamente contenido en él en forma de repulsión.

Fijémonos, ahora, en una masa corpórea que se mueva en nuestra misma tierra. Esta masa se halla enlazada a la tierra por medio de la gravedad, como la tierra, a su vez, se halla enlazada al sol; pero, a diferencia de la tierra, no puede desarrollar un movimiento planetario libre. Sólo se la puede mover mediante un impulso de fuera, y tan pronto como el impulso desaparece, el movimiento cesa inmediatamente, ya sea solamente por la acción de la gravedad, ya por la combinación de ésta con la resistencia del

medio en que se mueve. También esta resistencia es, en última instancia, un resultado de la gravedad, sin la que la tierra no ofrecería un medio resistente ni tendría en su superficie una atmósfera. Por tanto, el movimiento puramente mecánico que se opera en la superficie de la tierra se desarrolla en una situación en la que predomina resueltamente la gravedad, la atracción, y en la que, por consiguiente, la producción de movimiento presenta dos fases: primera, la de contrarrestar la gravedad, y segunda, la de hacer que ésta siga actuando; en una palabra, las dos fases de levantar un cuerpo y dejarlo caer.

Volvemos a encontrarnos, pues, con la acción mutua entre la atracción, de una parte, y de otra una forma de movimiento que se opera en dirección opuesta a ella y que es, por tanto, una forma de movimiento repelente. Ahora bien, dentro del campo de la mecánica terrestre *pura* (que opera a base de las masas de estados *dados* de conglomeración y cohesión, para ella inmutables), esta forma repelente de movimiento no se da en la naturaleza. Las condiciones físicas y químicas en que un bloque de roca se desprende de la cima de una montaña o en que la corriente de un río forma una cascada caen fuera del campo de acción de esa mecánica. Por consiguiente, el movimiento repelente, el movimiento de levantar un cuerpo, en el campo de la mecánica pura, tiene que producirse artificialmente: por la acción de la fuerza humana, de la fuerza animal, de la fuerza hidráulica, de la fuerza del vapor, etc. Y esta circunstancia, es decir, la necesidad de contrarrestar artificialmente la atracción natural, suscita en los mecánicos la concepción de que la atracción, la gravedad, la *fuerza* de la gravedad, como ellos la llaman, constituye la forma más esencial y hasta la forma fundamental de movimiento, en la naturaleza.

Cuando, por ejemplo, se levanta un peso y éste, con su caída directa o indirecta, comunica movimiento a otros cuerpos, no es, según la concepción mecánica usual, el *levantamiento* del peso lo que comunica este movimiento, sino la *fuerza de la gravedad.* Helmholtz, por ejemplo, nos presenta "la fuerza más simple y que mejor conocemos, la gravedad, actuando como fuerza motriz..., por ejemplo en los relojes de pared que funcionan por la acción de pesas. Las pesas... no pueden seguir la acción de la gravedad sin poner en movimiento todo el mecanismo del reloj". Pero no pueden poner en movimiento el mecanismo del reloj sin caer ellas mismas, y van cayendo hasta que se desenrolla la cadena de la que penden. "En este momento, el reloj se para, por haberse agotado provisionalmente la capacidad de rendimiento de las pesas. Su gravedad no se ha perdido ni reducido, sino que sigue viéndose atraída, en la misma medida que antes, por la tierra; lo que se ha perdido es la capacidad de esta

gravedad para producir movimientos... Pero podemos dar cuerda al reloj con nuestro brazo, levantado de nuevo las pesas. Tan pronto lo hacemos, las pesas recobran su anterior capacidad de funcionamiento y pueden mantener de nuevo el reloj en marcha." (Helmholtz, *Populäre Vorträge,*[6] II, páginas 144-145).

Como vemos, para Helmholtz no es la comunicación activa del movimiento, el hecho de levantar las pesas, lo que hace funcionar el reloj, sino la gravitación pasiva de las pesas mismas, a pesar de que esta gravitación sólo es arrancada a su pasividad al levantarse las pesas, para caer de nuevo en ella cuando la cadena de que penden llega al final. Por tanto, si, según la concepción moderna, la *energía* no es más que otro nombre dado a la *repulsión,* en la concepción antigua, que es la de Helmholtz, la *fuerza* aparece aquí como otra manera de expresar lo contrario de la repulsión, o sea la atracción. Por el momento, nos limitamos a consignar esto.

Ahora bien, al llegar a su término el proceso de la mecánica terrestre, es decir, cuando se deja caer de nuevo de la misma altura la masa pesada que hemos empezado levantando; ¿qué se hace del movimiento constitutivo de este proceso? Para la mecánica pura, ha desaparecido. Pero ahora sabemos que no ha quedado destruido, ni mucho menos. En su parte menor se ha convertido en las oscilaciones vibratorias del aire, y en su mayor parte en calor; calor que parcialmente se comunica a la atmósfera que opone resistencia de un lado al cuerpo mismo que cae y, de otro, por último, al suelo que recibe el impacto. También las pesas del reloj han ido transfiriendo poco a poco su movimiento a los distintos resortes del mecanismo, en forma de calor de frotamiento. Pero no es, como suele expresarse la cosa, el movimiento de la *caída*, o sea la atracción, lo que se trueca en calor, es decir, en una forma de repulsión. Por el contrario, la atracción, la gravitación, sigue siendo, como acertadamente dice Helmholtz, lo mismo que antes era y, en rigor, incluso mayor aún. Es más bien la repulsión comunicada al cuerpo caído por el hecho de levantarlo la que es destruida *mecánicamente* con la caída y la que renace en forma de calor. La repulsión de masa se convierte así en repulsión molecular.

El calor es, como ya hemos dicho, una forma de repulsión. Trueca las moléculas de los cuerpos sólidos en vibraciones, rompiendo con ello la cohesión de las distintas moléculas, hasta que, por último, se produce el tránsito al estado líquido; y, en éste, va aumentando, a medida que se añade calor, el movimiento de las moléculas hasta llegar a un punto en que se desprenden por entero de la masa y comienzan a moverse libremente, con un grado de velocidad que depende de la constitución química de cada molécula;

al aumentar progresivamente el calor, acentúa más aún esta velocidad y hace, por tanto, que las moléculas se repelan cada vez más las unas a las otras.

Pero el calor es una forma de la llamada "energía", la cual vuelve a revelarse aquí como algo idéntico a la repulsión.

En los fenómenos de la electricidad estática y del magnetismo, repartimos polarmente la atracción y la repulsión. Cualquiera que sea la hipótesis que se admita con respecto al *modus operandi* [modo de actuar] de estas dos formas de movimiento, nadie pondrá en duda, a la vista de los hechos, que la atracción y la repulsión, en cuanto provocadas por la electricidad estática o el magnetismo y en la medida en que pueden desplegarse sin entorpecimiento, se compensan totalmente la una a la otra, como en efecto se desprende necesariamente de la misma naturaleza de la distribución polar. Dos polos cuya acción no se compensara plenamente no serían tales polos, ni hasta ahora se han encontrado nunca en la naturaleza. Por el momento, dejaremos aquí a un lado el galvanismo, ya que en él el proceso se halla determinado por fenómenos de orden químico, lo que viene a complicarlo. Examinemos de preferencia, por tanto, los procesos de movimientos químicos mismos.

Si se combinan dos unidades de peso de hidrógeno con 15,96 unidades de peso de oxígeno para formar el vapor de agua, se desarrolla durante este proceso una cantidad de 68.924 unidades térmicas. Y, a la inversa, si 17,96 de peso de vapor de agua se descomponen en dos de hidrógeno y 15,96 de oxígeno, este proceso sólo puede operarse a condición de imprimir al vapor de agua una cantidad de movimiento equivalente a 68.924 unidades de calor, ya sea en forma de calor mismo o en forma de movimiento eléctrico. Y lo mismo podríamos decir de todos los demás procesos químicos. En la gran mayoría de los casos, las síntesis emiten calor y a las disociaciones hay que imprimirles movimiento. También aquí nos encontramos con que la repulsión es, por regla general, el lado activo del proceso, el más dotado de movimiento o el que más movimiento requiere, y la atracción el lado pasivo, que no necesita de movimiento y lo elimina. De ahí también que, según la moderna teoría, la combinación de elementos libere energía, mientras que la disociación la retiene. Por tanto, energía vuelve a significar, aquí, repulsión. Y es de nuevo Helmholtz quien declara: "Esta fuerza (la fuerza de afinidad química) podemos... representárnosla... como una fuerza de *atracción* ... Y esta fuerza de atracción que se manifiesta entre los átomos del carbono y los del oxígeno cumple exactamente la misma función positiva que la tierra, en forma de gravitación, ejerce sobre un peso levantado... Al lanzarse unos contra otros los

átomos de carbono y de oxígeno, para formar el ácido carbónico, las partículas recién formadas del ácido carbónico necesitan hallarse dentro del más violento movimiento molecular, es decir, dentro del movimiento térmico... Cuando, más tarde, traspasan su calor al medio, seguimos teniendo en el ácido carbónico el carbono íntegro y el oxígeno íntegro y la fuerza de afinidad de ambos con el mismo vigor de antes. Sin embargo, ésta sólo se manifiesta, ahora, en el hecho de que une estrechamente los unos a los otros los átomos del carbono y los del oxígeno, sin permitir que se separen" (obra cit., pág. 169). Exactamente lo mismo que antes: Helmholtz hace hincapié en que, en la química al igual que en la mecánica, la fuerza sólo consiste en la *atracción* y es, por tanto, cabalmente lo contrario de lo que otros físicos llaman *energía* e idéntico a la *repulsión.* Ahora, ya no tenemos, pues, ante nosotros las dos formas fundamentales simples de la atracción y la repulsión, sino toda una serie de subformas, en las que se opera el proceso del movimiento universal que se enrolla y desenrolla en la contraposición de aquellas dos. Pero no es solamente nuestro intelecto, ni mucho menos, el que compendia estas múltiples formas de manifestarse bajo la expresión *única* de movimiento. Por el contrario, ellas mismas se afirman y se demuestran con hechos como formas de uno y el mismo movimiento, al convertirse, bajo ciertas condiciones, de unas en otras. El movimiento mecánico de masa se convierte en calor, en electricidad, en magnetismo; el calor y la electricidad se convierten en disociación química; a su vez, la combinación química desarrolla nuevamente calor y electricidad y, por medio de ésta, magnetismo; y, por último, el calor y la electricidad producen, por su parte, movimiento mecánico de masa. Y todo ello, además, de tal modo que a una determinada cantidad de movimiento de una forma corresponde siempre una cantidad exactamente determinada de otra forma de movimiento, siendo indiferente, a su vez, de qué forma de movimiento se tome la unidad de medida por la que esta cantidad de movimiento se evalúa: si sirve para medir el movimiento de masa, el calor, la llamada fuerza electromotora o el movimiento transferido en los procesos químicos.

Nos hallamos, por tanto, en el terreno de la teoría de la "conservación de la energía", fundada en 1842 por J. R. Mayer* y

* En las *Populäre Vorlesungen,*[7] II, pág. 113, Helmholtz parece atribuirse también a sí mismo, aparte de Mayer, Joule y Colding, cierta participación en las vías de las ciencias naturales seguidas para probar la tesis cartesiana de la inmutabilidad cuantitativa del movimiento. "Yo mismo había *seguido idéntico camino,* sin tener la menor idea de Mayer ni de Colding y sin haber conocido los experimentos de Joule hasta el final de mi trabajo; me esforcé, en efecto, por indagar todos los nexos existentes entre los diferentes procesos

desde entonces desarrollada internacionalmente con tan brillante éxito. Veamos ahora cuáles son las ideas fundamentales con que actualmente opera esta teoría. Estas ideas son la de "fuerza" o "energía" y la de "trabajo".

Ya hemos visto más arriba que la concepción moderna, aceptada hoy por casi todo el mundo, entiende por energía la repulsión, mientras que Helmholtz, por su parte, emplea la palabra "fuerza" para designar, preferentemente, la atracción. Podría creerse que se trata de una diferencia de forma sin importancia, puesto que la atracción y la repulsión se compensan en el universo, razón por la cual parece indiferente cuál de los dos términos de la relación se establezca como el lado positivo o el negativo; del mismo modo que es indiferente de por sí el que, partiendo de un punto de una línea cualquiera, se cuenten las abscisas positivas hacia la derecha o hacia la izquierda. Sin embargo, no es así, ni mucho menos.

En efecto, aquí no se trata, por el momento, del universo, sino de fenómenos que se operan en la tierra y se hallan condicionados por la posición exactamente determinada que ésta ocupa en el sistema solar y la de éste en el cosmos. Y nuestro sistema solar emite en todo momento al espacio cósmico masas enormes de movimiento y, además, de movimiento de una cualidad muy determinada: calor solar, es decir, repulsión. Ahora bien, la tierra misma debe su vida solamente al calor solar y, a su vez, acaba irradiando también en el espacio cósmico el calor recibido del sol después de haberlo convertido, parcialmente, en otras formas de movimiento. Por tanto, en el sistema solar y, muy especialmente, en la tierra, vemos que la atracción ha conseguido ya un importante predominio sobre la repulsión. Sin el movimiento de repulsión que el sol irradia hacia nosotros cesaría necesariamente todo movimiento sobre la tierra. Si mañana se enfriara el sol, la atracción en la tierra seguiría siendo, en igualdad de circunstancias, la misma que es hoy. Una piedra de 100 hilos seguiría

de la naturaleza y que podían deducirse del modo de considerar las cosas ya indicado, y *publiqué mis investigaciones en 1847* en un opúsculo titulado *Sobre la conservación de la fuerza."* Sin embargo, en este escrito no se contiene absolutamente nada que fuera muevo en 1847, aparte del desarrollo matemático, ciertamente valiosísimo, indicado más arriba, según el cual la "conservación de la fuerza" y la acción central de las fuerzas que se manifiestan entre los distintos cuerpos de un sistema no son más que dos expresiones distintas de la misma cosa y, además, una formulación más precisa de la ley de la constancia de la suma de las fuerzas vivas y las fuerzas elásticas de un sistema *mecánico* dado. En todo lo demás, el escrito de Helmholtz había quedado ya superado desde la segunda edición de Mayer, publicada en 1845. Ya en 1842 había sostenido Mayer la "indestructibidad de la fuerza" y en 1845, desde su nuevo punto de vista, apuntaba cosas mucho más geniales que Helmholtz en 1847 acerca de "las relaciones entre los distintos procesos de la naturaleza". [*Nota de Engels*]

pesando, en el lugar en que se encuentra, exactamente lo mismo. Pero el movimiento, tanto el de las masas como el de las moléculas y el de los átomos, se paralizaría totalmente, con arreglo a nuestras ideas. La cosa está, pues, clara: tratándose de procesos que se operan actualmente en la *tierra,* no es de todo punto indiferente que se considere como el lado activo del movimiento la atracción o la repulsión, es decir, expresado en otros términos, la "fuerza" o la "energía". En la tierra actual, la atracción se ha convertido ya, por el contrario, en algo *absolutamente pasivo,* por su predominio decisivo sobre la repulsión; todo movimiento activo en la tierra se debe al aumento de la repulsión por medio del sol. Por eso la escuela moderna -aunque no llegue a ver claro en cuanto a la naturaleza de la relación del movimiento- se halla totalmente en lo cierto, en cuanto al fondo del problema y tratándose de procesos *terrestres,* más aún, del sistema solar en su conjunto, cuando concibe la energía como la repulsión.

Es cierto que la palabra "energía" no expresa, ni mucho menos; de un modo certero toda la relación del movimiento, por cuanto que sólo abarca uno de sus lados, el de la acción, pero no el de la reacción. Además, hace aparecer la cosa como si la "energía" fuese algo externo a la materia, implantada en ella desde fuera. Sin embargo esta expresión es preferible, desde luego, a la palabra "fuerza".

La idea de fuerza está tomada, como todo el mundo reconoce (desde Hegel hasta Helmholtz), de las actividades del organismo humano dentro de su medio. En este sentido, hablamos de la fuerza muscular, de la fuerza de levantamiento del brazo, de la fuerza de la pierna para saltar, de la fuerza digestiva del estómago y del intestino, de la fuerza sensitiva de los nervios, de la fuerza secretiva de las glándulas, etc. En otras palabras, para ahorrarnos el trabajo de indicar la causa real de un cambio provocado por una función de nuestro organismo, le atribuimos otra ficticia, una llamada fuerza en consonancia con el cambio que se opera. Este cómodo método lo trasladamos luego al mundo exterior e inventamos, así, tantas fuerzas como fenómenos existen.

En esta fase tan simplista se encontraban las ciencias naturales (exceptuando tal vez la mecánica celeste y terrestre) todavía en tiempo de *Hegel,* quien tronaba con toda razón contra la manera que entonces se seguía para indicar las fuerzas (citar el pasaje).[8] Y lo mismo, en otro lugar: "Vale más (decir) que el imán tiene un *alma"* (a la manera como se expresa Tales) "que decir que posee la fuerza de la atracción; la fuerza es una especie de propiedad *separable de la materia,* que se representa como un predicado; en cambio, el alma es *este movimiento suyo, idéntico a la naturaleza de la materia" (Geschichte der Philosophie,* I, pág. 208).[9]

Hoy no operamos ya con las fuerzas de un modo tan simple como en aquel tiempo. Escuchemos a Helmholtz: "Cuando conocemos totalmente una ley natural tenemos que exigir también que su vigencia no deje margen a excepciones... De este modo, la ley aparece ante nosotros como un poder objetivo, y en consonancia con ello la llamamos *fuerza.* Objetivamos, por ejemplo, la ley de refracción de la luz como una fuerza de refracción luminosa de las sustancias transparentes o la ley de las afinidades electivas químicas como una fuerza electiva de las distintas materias entre sí. En el mismo sentido hablamos de la fuerza eléctrica de contacto de los metales, de la fuerza de la adherencia, de la fuerza capilar, etc. Bajo este nombre se objetivan leyes que, de momento, sólo abarcan pequeñas series de procesos naturales *cuyas condiciones son todavía harto complejas ...*[10] La fuerza no es otra cosa que la ley de la acción objetivada. El concepto abstracto de fuerza, que nosotros intercalamos, añade solamente la nota de que esta ley no ha sido inventada caprichosamente, sino que es una ley forzosa de los fenómenos mismos. De este modo, nuestra exigencia de *comprender* los fenómenos naturales, es decir, de encontrar sus *leyes,* asume otra forma de expresión, a saber: la de que tenemos que investigar las *fuerzas* en que se hallan las causas de los fenómenos" (obra cit., págs. 189-191. Conferencia pronunciada en Innsbruck en 1869).

En primer lugar, constituye ya, desde luego, una manera muy peculiar de "objetivar" eso de introducir la idea *puramente subjetiva* de *fuerza* en una ley natural que se ha comprobado ya como independiente de nuestra subjetividad y que es, por tanto, algo totalmente *objetivo.* Semejante manipulación se la podría permitir, a lo sumo, un viejo hegeliano de pura cepa, pero no un neokantiano como Helmholtz. Por deslizar bajo ella una fuerza no se añade ni la más pequeña nueva objetividad a la ley, una vez establecida, ni a su objetividad ni a la de sus efectos; lo único que se añade es nuestra *afirmación subjetiva* de que actúa gracias a una fuerza que, de momento, nos es totalmente desconocida. Pero el sentido oculto de esta manipulación se revela a partir del momento en que Helmholtz pone ejemplos para ilustrar su tesis: cuando da el espaldarazo de lo "objetivo" como fuerza a la refracción de la luz, a la afinidad química, a la electricidad de contacto, a la adherencia, a la capilaridad y a las leyes reguladoras de estos fenómenos. "Bajo este nombre se objetivan leyes que de momento sólo abarcan pequeñas series de procesos naturales *cuyas condiciones son todavía harto complejas".* Aquí es precisamente donde cobra sentido la "objetivación", que es más bien subjetivación: si, a veces, nos refugiamos aquí en la palabra fuerza no es porque hayamos

conocido plenamente la ley, sino precisamente porque *no* es ese el caso, porque aún *no* vemos claro acerca de las "condiciones harto complejas" de estos fenómenos. Con ello, no expresamos, por tanto, nuestro conocimiento, sino nuestra *falta* de conocimiento de la naturaleza de la ley y de su modo de actuar. En este sentido, es decir, como expresión compendiada de una conexión casual aún no descubierta, puede pasar la expresión en el lenguaje usual. Pero el ir más allá de eso induce a engaño. Con el mismo derecho con que Helmholtz explica ciertos fenómenos físicos en virtud de una llamada fuerza de refracción de la luz, de una llamada fuerza eléctrica de contacto, etc., explicaban los escolásticos de la Edad Media los cambios de temperatura como efecto de una *vis calorífica* [fuerza engendradora de calor] o de una *vis frigifaciens* [fuerza engendradora de frío], sin molestarse en entrar a investigar más a fondo los fenómenos térmicos.

Y también en este sentido es torpe esta explicación, pues todo lo explica de un modo unilateral. Todos los procesos de la naturaleza tienen dos caras, puesto que descansan sobre la relación entre dos partes actuantes, por lo menos, la acción y la reacción. Y la idea de fuerza, por tener su origen en la acción del organismo humano sobre el mundo exterior y en la mecánica terrestre, implica el que sólo una de las partes actúa, se comporta activamente, mientras que la otra parte se mantiene pasiva en un plano puramente receptivo, con lo que estatuye la extensión, hasta ahora no demostrable, de la diferencia de sexos a las existencias inanimadas. La reacción de la segunda parte, de aquella sobre que actúa la fuerza, aparece a lo sumo como una reacción pasiva, como una *resistencia.* Ahora bien, esta manera de concebir es admisible en una serie de campos, incluso fuera de la mecánica pura, a saber: donde quiera que se trata simplemente de una transferencia de movimiento y de su cálculo cuantitativo. Pero esta explicación falla ya en los procesos un poco más complejos de la física, como lo demuestran precisamente los propios ejemplos puestos por Helmholtz. La fuerza de refracción de la luz reside tanto en la luz misma como en los cuerpos translúcidos. En la adhesión y en la capilaridad, la "fuerza" reside, evidentemente, tanto en la superficie sólida como en el líquido. Por lo que se refiere a la electricidad de contacto, podemos asegurar, por lo menos, que *ambos* metales contribuyen a ello, y la "fuerza de la afinidad química" radica también, si en algún lugar radica, en *las dos* partes que entran en la combinación. Ahora bien, una fuerza consistente en dos fuerzas separadas, un efecto que no provoca su contraefecto, sino que lo lleva e implica en sí mismo, no es tal fuerza, en el sentido de la mecánica terrestre, que es aquel en que realmente se sabe lo que es

una fuerza. En efecto, las condiciones fundamentales de la mecánica terrestre son, en primer lugar, la negativa a investigar las causas del impulso, es decir, la naturaleza de la fuerza que en cada caso actúa y, en segundo lugar, la intuición de la unilateralidad de la fuerza, a la que se opone una gravedad que permanece siempre y en cada lugar la misma, de tal modo que frente a cada espacio terrestre de caída el radio de la tierra = ∞.

Pero sigamos viendo cómo "objetiva" Helmholtz sus "fuerzas" en las leyes de la naturaleza.

En una conferencia pronunciada por él en 1854 (obra cit., pág. 119),[11] investiga la "reserva de fuerza de trabajo" que originariamente encerraba la nebulosa partiendo de la cual se formó nuestro sistema solar. "En realidad, contaba, en este respecto, con una reserva inmensamente grande, que le había sido conferida ya de por sí bajo la forma de la fuerza general de atracción entre todas sus partes." Esto es indudable. Como lo es también el hecho de que toda esta reserva de gravedad o de gravitación sigue existiendo hoy, intacta, en el sistema solar, descontando si acaso la insignificante cantidad que se ha perdido con la materia y que ha sido lanzada al espacio cósmico, de un modo posiblemente irreparable. Y más adelante: "También las fuerzas químicas debían ya existir, dispuestas a actuar; pero, como estas fuerzas sólo podían entrar en acción al producirse el más íntimo contacto entre las diversas masas, tenía que producirse la condensación para que su acción comenzara" [pág. 120]. Si, como más arriba hace Helmholtz, concebimos estas fuerzas químicas como fuerzas de afinidad y, por tanto, como atracción, debemos decir también, aquí, que la suma total de estas fuerzas químicas de atracción sigue existiendo sin merma alguna dentro del sistema solar.

Pero, en la misma página, Helmholtz indica como resultado de su cálculo que "solamente existe en cuanto tal" -en el sistema solar, se entiende- "hacia la 454ava parte de la fuerza mecánica originaria". ¿Cómo se compagina esto? La fuerza de atracción, tanto la general como la química, se mantiene todavía intacta en el sistema solar. Helmholtz no indica ninguna otra fuente segura de fuerza. Cierto es que aquellas fuerzas han realizado, según él, un trabajo inmenso. Pero sin que por ello hayan aumentado ni disminuido. Como más arriba veíamos que sucedía con las pesas del reloj, le sucede ahora a toda molécula en el sistema solar y al sistema solar mismo. "Su gravedad no se ha perdido ni se ha mermado." Ocurre con todos los elementos químicos lo que más arriba veíamos con respecto al carbono y al oxígeno: seguimos

contando siempre con la cantidad total dada de cada uno y "la fuerza total de la afinidad se mantiene tan vigorosa como antes". ¿Qué hemos perdido, entonces? ¿Y qué "fuerza" ha realizado el enorme trabajo 453 veces mayor del que según su cálculo puede seguir realizando el sistema solar? Helmholtz no nos lo aclara. Pero, más adelante, dice:

"No sabemos si existía [en la nebulosa originaria], además, otra *reserva de fuerza en forma de calor*." [12]

Permítaseme. El calor es una "fuerza" repulsiva, que, por tanto, *contrarresta* la acción de la gravedad y de la atracción química; representa un menos, suponiendo que éstas representen un más. Por consiguiente, si Helmholtz hace que su reserva originaria de fuerza esté formada por *atracción* general y química, no será necesario sumar a aquella reserva de fuerza una reserva de calor, además subsistente, sino que habrá, por el contrario, que sustraérselo. De otro modo, el calor del sol tendría que *reforzar* la fuerza de atracción de la tierra, cuando lo que hace -precisamente *al contrario* de eso- es evaporar el agua y elevar el vapor a lo alto; o el calor de un tubo de hierro al rojo por el que- se hace pasar vapor de agua tendría que *reforzar* la atracción química del hidrógeno y el oxígeno, y no contrarrestarla y anularla, que es precisamente lo que hace. O bien, para aclarar la cosa bajo otra forma: supongamos que la nebulosa con un radio r y, por tanto, con un volumen de $^4/_3\ \pi r^3$ tenga la temperatura t. Supongamos además que una segunda nebulosa de una masa igual tenga, con una temperatura más alta, T, un radio mayor, R, y el volumen de $^4/_3\ \pi R^3$. Es evidente que, en la segunda nebulosa, la atracción, tanto la mecánica como la física y la química, sólo puede actuar con la misma fuerza que en la primera si desciende del radio R al radio r, es decir, si se irradia en el espacio cósmico el calor correspondiente a la diferencia de temperatura entre T y t. Por tanto, la nebulosa más caliente tardará más en condensarse que la más fría; por lo tanto, desde el punto de vista de Helmholtz, el calor en cuanto obstáculo para la condensación no representa un más sino un menos en la "reserva de fuerza". Así, pues, Helmholtz incurre en un error decisivo de cálculo al presuponer bajo la forma de calor la posibilidad de una cantidad de movimiento *repulsivo* que viene a añadirse a las formas *atractivas* de movimiento y aumenta su suma.

Reduzcamos ahora al mismo signo para que pueda efectuarse la suma, esta "reserva de fuerza" total, tanto la posible como la demostrable. Como, provisionalmente, aún no podemos invertir el calor y poner en vez de su repulsión la equivalente atracción,

necesitaremos operar esta inversión en las dos formas de la atracción. Y, entonces, en vez de poner sencillamente la fuerza general de atracción, en vez de poner la fuerza química de afinidad y en vez de poner, además, el calor que posiblemente existía ya como tal en un principio, tendremos la suma del movimiento de repulsión o de la llamada energía existente en la nebulosa en el momento de independizarse. Y con ello coincide también, en efecto, el cálculo de Helmholtz, en el que trata de averiguar "el calentamiento que necesariamente tuvo que producirse mediante la supuesta condensación inicial de los cuerpos celestes de nuestro sistema, partiendo de la materia nebulosamente dispersa". Al reducir, así, toda la "reserva de fuerza" a calor, a repulsión, se hace también posible sumar a ella la presunta "reserva de fuerza calor". Y el resultado obtenido indica que el $^{453}/_{454}$ de toda la energía, es decir, de la repulsión originariamente contenida en la nebulosa, se ha irradiado en el espacio cósmico bajo la forma de calor o, hablando en términos precisos, que la suma de toda la atracción en el actual sistema solar es a la suma de toda la repulsión aún contenida en él como 454 : 1. Resultado que contradice abiertamente al texto de la conferencia que trata de ilustrar.

Pues bien, si la idea de fuerza da motivo a tal confusión conceptual, incluso en un físico como Helmholtz, ¿qué mejor prueba de que esta idea es científicamente inutilizable en todas aquellas ramas de la investigación que trascienden de la mecánica basada en cálculo? En la mecánica se suponen las causas del movimiento como dadas y no se trata de indagar su origen, sino sus resultados. Por tanto, cuando se da a una causa de movimiento el nombre de fuerza, en nada se atenta contra la mecánica en cuanto tal; pero, al acostumbrarse a esta expresión y hacerla extensiva a la física, a la química y a la biología, la confusión es inevitable. Así lo hemos visto y seguiremos viéndolo más de una vez. Del concepto de trabajo trataremos en el capítulo siguiente.

LA MEDIDA DEL MOVIMIENTO.
EL TRABAJO[1]

"En cambio, he encontrado siempre, hasta ahora, que los conceptos fundamentales de este campo" (es decir, "los conceptos físicos fundamentales del trabajo y de su inmutabilidad") "parecen ser muy difícilmente asequibles a quienes no han pasado por la escuela de la mecánica matemática, por mucho celo que pongan en ello, por grande que sea su inteligencia e incluso aunque dispongan de un nivel relativamente alto de conocimientos en materia de ciencias naturales". No hay que perder de vista tampoco que se trata de conceptos abstractos de un carácter muy peculiar. Incluso a un espíritu como el de I. Kant se le hizo difícil llegar a captarlos, como lo demuestra su polémica contra Leibniz a propósito de estos problemas". Son palabras de Helmholtz (*Populäre wissenschaftliche Vorträge* ["Conferencias científicas de divulgación"], II, prólogo).[2]

Nos aventuramos, pues, ahora por un terreno muy peligroso, tanto más cuanto que no podemos permitirnos nosotros hacer pasar al lector "por la escuela de la mecánica matemática". Pero tal vez se ponga de manifiesto que, allí donde se trata de conceptos, el pensamiento dialéctico lleva, por lo menos, tan lejos como el cálculo matemático.

Galileo descubrió, de una parte, la ley de la caída de los cuerpos, según la cual los espacios recorridos por los cuerpos que caen guardan entre sí la misma relación que los cuadrados de los tiempos que tardan en caer. Y colocó a la par de ella la tesis, que, como veremos, no se compagina del todo con aquella ley, según la cual la magnitud de movimiento de un cuerpo *(su impeto o momento)* se determina por la velocidad y la masa, de tal modo que siendo la masa constante, es proporcional a la velocidad. Descartes recogió esta segunda tesis y proclamó, en términos generales, que la medida del movimiento de un cuerpo era el producto de su masa por su velocidad.

Huygens descubrió ya que, en el choque elástico, la suma de los productos de las masas por los cuadrados de las velocidades antes y después del impulso era la misma y que una ley análoga rige para otros casos distintos de movimiento de cuerpos enlazados en un sistema.

Fue Leibniz el primero en comprender que la medida cartesiana del movimiento se halla en contradicción con la ley de la

caída de los cuerpos. Pero, por otra parte, no podría negarse que la medida formulada por Descartes resultaba exacta, en muchos casos. Leibniz dividió, pues, las fuerzas motrices en dos clases: las muertas y las vivas. Las muertas eran las "presiones" o los "tirones" de los cuerpos en quietud y su medida el producto de la masa por la velocidad con que el cuerpo se moviera, al pasar del estado de quietud al estado de movimiento. En cambio, presentaba como la medida de la fuerza viva, del movimiento real de un cuerpo, el producto de la masa por el cuadrado de la velocidad. Y, además, derivaba esta nueva medida del movimiento directamente de la ley de la caída de los cuerpos. "Se requiere -concluía Leibniz- la misma fuerza para levantar un pie un cuerpo de cuatro libras de peso que para levantar un cuerpo de una libra de peso a una altura de cuatro pies; ahora bien, los caminos son proporcionales al cuadrado de la velocidad, pues si un cuerpo cae cuatro pies alcanza el doble de velocidad que si cayera un pie solamente. Y, al caer, los cuerpos adquieren la fuerza necesaria para subir de nuevo hasta la altura de la que han caído; por tanto, las fuerzas son proporcionales al cuadrado de la velocidad." (Suter, *Geschichte der mathematischen Wissenschaften* ["Historia de las ciencias matemáticas"], II, pág. 367.)[3]

Leibniz demostró, asimismo, que la medida del movimiento, ***mv,*** se halla en contradicción con la ley cartesiana de la constancia de la cantidad de movimiento, mientras que la fuerza (es decir, la masa de movimiento), de ser su validez real, aumenta o disminuye constantemente, en la naturaleza. E incluso llegó a proyectar un aparato *(Acta Eruditorum,*[4] 1690), que, de ser exacta la medida ***mv,*** representaría un *perpetuum mobile* susceptible de una producción constante de fuerza, cosa evidentemente absurda. Recientemente, ha vuelto Helmholtz a emplear con frecuencia este tipo de argumentación.

Los cartesianos protestaron con todas sus fuerzas y se desencadenó una famosa polémica que duró largos años y en la que tomó parte también Kant con su primer escrito ("Ideas sobre la verdadera evaluación de las fuerzas vivas", 1746), aunque sin llegar a ver claro en el asunto. Hoy, los matemáticos hablan con bastante desprecio de esta "estéril" disputa "que se mantuvo a lo largo de cuarenta años, dividiendo en dos campos enemigos a los matemáticos de Europa, hasta que, por último, d'Alembert, con su *Traité de dynamique* ["Tratado de dinámica"] (1743), puso fin como en fallo inapelable a la *ociosa disputa verbal,*[5] que no otra cosa era" (Suter, obra cit., pág. 366).

Sin embargo, se hace extraño pensar que se redujera a una disputa totalmente ociosa en torno a palabras una polémica planteada

nada menos que por un Leibniz frente a un Descartes y en la que intervino un hombre como Kant, hasta el punto de dedicarle su obra primeriza, un volumen bastante grueso, por cierto. Y, en efecto, ¿cómo encontrar congruente el que el movimiento tenga dos medidas contradictorias entre sí, una la de la velocidad y otra, la proporcional al cuadrado de la velocidad? Suter toma la cosa muy a la ligera; dice que ambas partes tenían razón y no la tenían; "la expresión de 'fuerza viva' se ha conservado, sin embargo, hasta hoy, si *bien no se considera ya como medida de la fuerza,*[6] sino que es simplemente un término ya aceptado para designar el producto de la masa por la mitad del cuadrado de la velocidad, tan importante en mecánica" [pág. 368]. Por tanto, ***mv*** sigue siendo la medida del movimiento, y la fuerza viva, según esto, no es más que otro modo de expresar el $mv^2/2$, fórmula de la que se nos dice que tiene gran importancia en mecánica, pero sin que hasta hoy sepamos a ciencia cierta lo que significa.

Tomemos en la mano, sin embargo, el salvador *Traité de dynamique* y veamos más de cerca el fallo con que d'Alembert zanja la disputa, fallo que figura en el *prólogo* de la obra. En el texto -se nos dice- no se plantea para nada la cuestión, por 'l'inutilité parfaite dont elle est pour la mécanique" ["la perfecta inutilidad que entraña para la mecánica"]. Esto es absolutamente exacto en lo tocante a la mecánica *de puro cálculo,* en la que, como más arriba hemos visto en Suter, los términos verbales no son otra cosa que expresiones, nombres de fórmulas algebraicas, a la vista de los cuales lo mejor es no concebir pensamiento alguno. Sin embargo, habiéndose ocupado del asunto hombres tan eminentes, d'Alembert cree oportuno investigar brevemente la cosa en el prólogo. Pensando claramente en ello -nos dice- sólo puede entenderse por la fuerza de los cuerpos en movimiento su propiedad de vencer obstáculos u ofrecer resistencia a ellos. Por consiguiente, la fuerza no puede medirse ni por ***mv*** ni por mv^2, sino sola y únicamente por los obstáculos y por su resistencia.

Ahora bien, existen tres clases de obstáculos: 1) los obstáculos insuperables, que destruyen totalmente el movimiento, razón por la cual no pueden ser tomados aquí en consideración; 2) los obstáculos cuya resistencia basta exactamente para paralizar el movimiento y que lo paralizan inmediatamente: es el caso del equilibrio; 3) los que sólo paralizan el movimiento paulatinamente: caso del movimiento demorado. "Creemos que todo el mundo estará de acuerdo en que dos cuerpos se equilibran cuando son iguales en ambos lados los productos de sus masas por sus velocidades virtuales, es decir, por la velocidades con que tienden a moverse.

Así, pues, en estado de equilibrio, puede representar la fuerza el producto de la masa por la velocidad o, lo que es lo mismo, la cantidad de movimiento. Y todo el mundo conviene, asimismo, en que, al demorarse el movimiento, el número de obstáculos superados es proporcional al cuadrado de la velocidad, por donde un cuerpo que, a cierta velocidad, pone en tensión un muelle, por ejemplo, a doble velocidad podría poner en tensión, simultánea o sucesivamente, no ya dos, sino cuatro muelles iguales, a triple velocidad nueve, y así sucesivamente. De donde los partidarios de las fuerzas vivas" (los leibnizianos) "concluyen que la fuerza de los cuerpos en movimiento es, en términos generales, proporcional al producto de la masa por el cuadrado de la velocidad. ¿Y qué inconveniente puede haber, en el fondo, en que sea diferente la medida de las fuerzas en el caso del equilibrio y en el del movimiento demorado, si en la fundamentación la palabra *fuerza* sólo puede sugerir ideas completamente claras cuando se entiende por tal la acción consistente en vencer un obstáculo o la resistencia que éste ofrece?" (Prólogo, págs. XIX y XX de la edición original.)[7]

Pero d'Alembert es demasiado filósofo para no confesar que no es posible sobreponerse a tan poca costa a la contradicción de una doble medida para una y la misma fuerza. Por eso, después de repetir, en el fondo, lo que ya dijera Leibniz -pues su "équilibre" [equilibrio] es exactamente lo mismo que Leibniz llamaba "presiones muertas"-, se pasa de pronto al lado de los cartesianos y encuentra la siguiente salida: el producto ***mv*** puede valer también como medida de fuerza en el movimiento demorado, "siempre y cuando que, en este caso, la fuerza no se mida por la cantidad absoluta de los obstáculos, sino por la suma de las resistencias de éstos. No puede dudarse, en efecto, que la suma de las resistencias es proporcional a la cantidad del movimiento (***mv***),[8] ya que, como todo el mundo reconoce, la cantidad del movimiento que el cuerpo pierde en todo momento es proporcional al producto de la resistencia por el transcurso infinitamente pequeño de tiempo, y la suma de estos productos expresa, evidentemente, la resistencia total". Esta última manera de calcular le parece la más natural, "pues un obstáculo sólo lo es mientras opone resistencia, y el obstáculo vencido es, en rigor, la suma de las resistencias. Por lo demás, cuando se mide la fuerza de este modo, hay la ventaja de disponer de una medida común para el equilibrio y el movimiento demorado" [pág. XXI].[9] Cada cual, sin embargo, puede opinar de esto como mejor le parezca. Por su parte, d'Alembert, una vez que, como reconoce el mismo Suter, cree haber resuelto el problema con una pifia matemática, concluye apuntando una serie de observaciones muy poco amables acerca de la confusión reinante

entre sus antecesores y afirma que, a la vista de las observaciones anteriores, sólo cabe, aquí, una discusión metafísica completamente fútil o incluso una disputa aún más indigna en torno a palabras.

El intento conciliatorio de d'Alembert se reduce al siguiente cálculo:

La masa 1 con velocidad 1 dispara 1 muelle en la unidad de tiempo.

La masa 1 con velocidad 2 dispara 4 muelles, pero necesita para ello de 2 unidades de tiempo, lo que quiere decir que en la unidad de tiempo dispara 2 muelles.

La masa 1 con velocidad 3 dispara 9 muelles en tres unidades de tiempo, o sean 3 muelles en la unidad de tiempo.

Por tanto, dividiendo el efecto por el tiempo necesario para producirlo, volvemos nuevamente de mv^2 a mv.

Es el mismo argumento que ya antes había sido aducido contra Leibniz, principalmente por Catelan:[10] un cuerpo al que se imprime la velocidad 2 se eleva en contra de la gravedad cuatro veces más alto que un cuerpo a la velocidad 1, pero necesita para ello el doble de tiempo, de donde se deduce que la cantidad de movimiento debe dividirse por el tiempo y es = 2, y no = 4. Y este es también, por muy extraño que parezca, el punto de vista de Suter, quien priva a la expresión "fuerza viva" de todo sentido lógico y sólo le deja un sentido matemático. Nada, sin embargo, más natural, ya que para Suter se trata de salvar la fórmula mv en cuanto medida única de la cantidad de movimiento, razón por la cual se sacrifica lógicamente la fórmula mv^2, para que resucite, transfigurada, en el cielo matemático.

De lo que no cabe duda, sin embargo, es de que la argumentación de Catelan tiende uno de los puentes de unión entre mv^2 y mv, y a ello se debe su importancia.

Después de d'Alembert, los mecánicos no aceptaron en modo alguno su fallo inapelable, puesto que su juicio final se emitía en favor de mv como medida del movimiento. Siguieron ateniéndose a la expresión que él mismo había dado a la distancia establecida por Leibniz entre fuerzas muertas y fuerzas vivas: para el equilibrio, es decir, para la estática, rige la fórmula mv; para el movimiento demorado, o sea para la dinámica, la fórmula mv^2. Pero, aunque en conjunto y a grandes rasgos sea exacta, bajo la forma en que se presenta esta distinción no encierra más sentido lógico que aquella célebre distinción del sargento: en actos de servicio, siempre a mí; fuera de servicio, siempre mí.[11] Se la acepta tácitamente, como si así fuese la cosa y no estuviera en nuestras manos modificarla, pues si esta doble medida entraña una: contradicción, ¿qué podemos hacer nosotros?

Es lo que vienen a decir, por ejemplo, Thomson y Tait, *A treatise on Natural Philosophie* ["Tratado de filosofía natural"], Oxford 1857,[12] pág. 162: "La *cantidad de movimiento* o la *magnitud de movimiento* de un cuerpo rígido, que se mueva sin rotación, es proporcional a su masa y a su velocidad conjuntamente. Una doble masa o una doble velocidad correspondería a la doble magnitud de movimiento". Y, enseguida: "La *fuerza viva* o *energía cinética* de un cuerpo que se halla en movimiento es proporcional a su masa y, al mismo tiempo, al cuadrado de su velocidad."[13]

Bajo una forma tan tosca se emparejan estas dos medidas contradictorias del movimiento. No se hace ni el más leve intento de explicar la contradicción, ni siquiera de paliarla. El pensar queda proscrito del libro de estos dos escoceses; sólo es lícito calcular. Nada tiene de extraño que uno de ellos, Tait, figure entre los más devotos cristianos de la cristiana Escocia.

En las lecciones de mecánica matemática de Kirchoff no aparecen para nada, *bajo esta forma,* las fórmulas mv y mv^2.

Veamos si Helmholtz nos ayuda. En la "conservación de la fuerza"[14] propone expresar la fuerza viva por la fórmula $mv^2/2$, punto este sobre el que habremos de volver más adelante. Luego, enumera brevemente (en las págs. 20 ss.) los casos en los que hasta ahora ha sido ya utilizado y reconocido el principio de la conservación de la fuerza viva (y, por tanto, de $mv^2/2$) . Entre ellos figura el que expone bajo el núm. 2: "La transmisión de movimiento por cuerpos sólidos y líquidos no compresibles, siempre y cuando que no medie fricción o choque de materias no elásticas. Nuestro principio general se formula ordinariamente, para estos casos, como la regla según la cual un movimiento trasplantado y modificado mediante potencias mecánicas pierde siempre en intensidad de fuerza en la misma proporción en que gana en velocidad. Si, por tanto, pensamos en una máquina que engendre por medio de cualquier proceso una fuerza de trabajo uniforme y que levante el peso m con la velocidad c, tendremos que otro mecanismo podrá levantar el peso nm, pero sólo con la velocidad c/n , por donde en ambos casos podrá representarse la cantidad de la fuerza de tensión producida por la máquina en la unidad de tiempo por la fórmula mgc, en la que g expresa la intensidad de la fuerza de gravedad.[15]

Volvemos a encontrarnos, pues, aquí con la contradicción de que se trata de presentar una "intensidad de fuerza" que disminuye y aumenta en proporción simple a la velocidad como prueba de la conservación de una intensidad de fuerza que disminuye o aumenta

con arreglo al cuadrado de la velocidad.

Es cierto que se pone de manifiesto que ***mv*** y ***mv^2/2*** sirve para determinar dos procesos completamente distintos, pero esto ya lo sabíamos de largo tiempo atrás, pues ***mv^2*** no puede ser = ***mv***, a menos que ***v*** sea = l. Se trata de explicarnos por qué el movimiento tiene dos medidas, cosa en verdad tan inexplicable en el terreno de la ciencia como en el del comercio. Tratemos, pues, de abordar la cosa de otro modo.

Vemos que ***mv*** sirve para medir "un movimiento trasplantado y modificado mediante potencias mecánicas"; esta medida rige, pues, para la palanca y para todas las formas derivadas de ella, ruedas, tornillos, etc.; en una palabra, para todo mecanismo de transmisión. Ahora bien, por medio de una consideración muy simple y que no tiene nada de nuevo, se llega a la conclusión de que, en la medida en que rija ***mv***, tiene que regir también aquí ***mv^2***. Tomemos un mecanismo cualquiera en el que las sumas de los brazos de la palanca de ambas partes se comporten en la proporción de 4:1, en la que, por tanto, un peso de 1 kg. mantenga el equilibrio con otro de 4 kgs. Aplicando una fuerza pequeñísima a uno de los brazos de la palanca elevamos, pues, 1 kg. a una altura de 20 metros; la misma fuerza aplicada al otro brazo de la palanca levanta 4 kgs. a una altura de 5 metros, y además el peso predominante desciende en el mismo tiempo que el otro necesita para elevarse. Las masas y las velocidades se comportan en sentido inverso: ***mv***, 1 X 20 = ***m' v'***, 4X5. En cambio, si dejamos que cada uno de los pesos, después de elevado, descienda libremente a su nivel anterior, tendremos que uno de ellos, el de 1 kg., adquiere una velocidad de 20 metros, después de recorrer otro espacio de caída igual (la aceleración de la gravedad se calcula aquí, en números redondos, = 10 m., en vez de 9,81 m.); el otro, en cambio, el de 4 kgs., despliega una velocidad de 10 m., después de caer por un espacio de 5 m.[16] ***mv^2*** = 1 X 20 X 20 = 400 = ***$m' v'^2$*** = 4 X 10 X 10 = 400.

En cambio, los tiempos de caída difieren: el peso de 4 kgs. recorre sus 5 metros en 1 segundo y el de 1 kg. recorre en 2 segundos sus 20 metros. Y, como es natural, no se tienen en cuenta, aquí, la fricción ni la resistencia del aire.

Ahora bien, una vez que cada uno de los dos cuerpos cae de su altura, su movimiento cesa. Por tanto, aquí ***mv*** se revela como medida de un movimiento simplemente transferido y, por consiguiente, mantenido y ***mv^2*** como medida de un movimiento

mecánico extinguido.

Prosigamos. En el choque de cuerpos perfectamente elásticos ocurre lo mismo: la suma de las ***mv***, lo mismo que la suma de las ***mv***^{2}, permanecen idénticas antes y después del choque. Ambas medidas tienen el mismo valor.

No ocurre así, en cambio, en el choque de cuerpos no elásticos. En este caso, los tratados elementales corrientes (pues la mecánica superior no suele ocuparse de semejantes minucias) enseñan que la suma de las ***mv*** es la misma antes y después del choque. En cambio, se produce una pérdida de fuerza viva, pues si se resta la suma de las ***mv***^{2} después del choque de la *anterior* a él, queda siempre y bajo cualesquiera circunstancias un residuo positivo, y es en esta cantidad (o bien en la mitad de ella, según el punto de vista adoptado) en la que se reduce la fuerza viva por efecto de la mutua penetración y del cambio de forma de los cuerpos que chocan entre sí. La segunda afirmación es clara y evidente. Pero no así la primera, la de que la suma de las ***mv*** permanece idéntica antes y después del choque. La fuerza viva es, aunque Suter sostenga lo contrario, movimiento, y al perderse una parte de ella, el movimiento se reduce. Por tanto, una de dos: o ***mv*** no expresa aquí con exactitud la cantidad de movimiento, o la afirmación que más arriba se hace es falsa. Hay que decir que, en general, todo este teorema a que nos venimos refiriendo procede de una época en que no se tenía aún la menor idea de la transformación del movimiento y en la que, por tanto, sólo se reconocía la desaparición del movimiento mecánico cuando no había otro remedio. Por eso, la igualdad de la suma de las ***mv*** antes y después del choque se prueba aquí tomando como base el que nunca se acusa un aumento o una pérdida de dicho movimiento. Pero si los cuerpos pierden fuerza viva en la fricción interna que corresponde a su falta de elasticidad, tienen que perder también velocidad, y la suma de las ***mv*** tendrá necesariamente que ser, después del choque, menor que antes. No vale, en efecto, hacer caso omiso del frotamiento interno al calcular las ***mv***, cuando tan claramente se acusa en el cálculo de las ***mv***^{2}.

Sin embargo, esto no importa nada. Incluso aunque reconozcamos el teorema y calculemos la velocidad después del choque partiendo de la hipótesis de que la suma de las ***mv*** permanece idéntica, nos seguiremos encontrando con que la suma de las ***mv***^{2} ha disminuido. Por tanto, aquí entran en conflicto ***mv*** y ***mv***^{2}, por lo que toca a la diferencia del movimiento mecánico que realmente desaparece. Y el cálculo mismo demuestra que la suma de las ***mv***^{2} expresa la cantidad del movimiento exactamente, mientras

que la suma de las ***mv*** la expresa de un modo inexacto.

Son éstos, sobre poco más o menos, todos los casos en que la mecánica emplea la fórmula ***mv***. Veamos, ahora, algunos casos en los que emplea la fórmula mv^2.

Al dispararse una bala de cañón, agota en su trayectoria una cantidad de movimiento proporcional a mv^2, lo mismo si se estrella contra un objetivo fijo que si se detiene por efecto de la resistencia del aire y de la fuerza de la gravedad. Cuando un tren choca contra otro tren parado, la fuerza del choque y los efectos de la destrucción correspondiente son proporcionales a su mv^2. Y la fórmula mv^2 rige también cuando se trata de calcular cualquier fuerza mecánica necesaria para vencer una resistencia.

Ahora bien, ¿qué quiere decir ese giro tan cómodo y tan usual entre los mecánicos de vencer una resistencia?

Cuando, al levantar un peso, vencemos la resistencia de la gravedad, desaparece en esta operación una cantidad de movimiento, una cantidad de fuerza mecánica igual a la que puede regenerarse mediante la caída directa o indirecta del cuerpo levantado desde la altura necesaria hasta su nivel anterior. Esta cantidad se mide por la mitad del producto de su masa por el cuadrado de la velocidad final adquirida al caer el cuerpo, $mv^2/2$. ¿Qué es, pues, lo que se hace al levantar. el peso? Desaparece, como tal, una cantidad de movimiento mecánico o de fuerza. Pero no desaparece y se aniquila, sino que se convierte en fuerza de tensión mecánica, para emplear el término de Helmholtz; en energía potencial, como dicen los modernos; en ergal, como la llama Clausius, y esto puede, en cualquier momento y bajo cualquier modo mecánicamente admisible, volver a transformarse en la misma cantidad de movimiento mecánico que fue necesaria para crearlo. La energía potencial no es sino la expresión negativa de la fuerza viva, y viceversa.

Supongamos que una bala de cañón de 24 libras de peso se estrelle a una velocidad de 400 metros por segundo contra el blindaje de hierro de un metro de espesor de un acorazado y que, en estas circunstancias, el impacto no deje sobre él ninguna huella perceptible. En esta operación desaparecerá, por tanto, un movimiento mecánico = $mv^2/2$ y, por tanto, como 24 libras alemanas = 12 kg., = 12 X 400 X 400 X 1/2 = 960.000 kilogramos-metros. ¿Qué se ha hecho de ese movimiento? Una pequeña parte de él se ha invertido en sacudir y descomponer molecularmente la

coraza del barco. Otra parte en hacer saltar en incontables pedazos la granada. Pero la mayor parte se ha transformado en calor, poniendo la granada al rojo vivo. Cuando los prusianos, al operar en 1864 contra la isla de Alsen, dispararon sus baterías pesadas contra las paredes acorazadas del "Rolf Krake",[17] observaron entre las sombras de la noche el resplandor de cada una de las balas que daba en el blanco, como si de pronto se encendiese, y ya antes había demostrado Whitworth, con sus experimentos, que los proyectiles lanzados contra los acorazados no necesitaban de fulminante, pues el mismo metal, al encenderse, se encargaba de hacer estallar la carga. Calculando el equivalente mecánico de la unidad térmica en 424 kilogramos-metros, tendremos que a la cantidad de movimiento mecánico señalada más arriba corresponde una cantidad de calor de 2.264 unidades. El calor específico del hierro es = 0,1140, es decir, que la misma cantidad de calor que eleva en 1° C la temperatura de un kilo de agua (lo que se considera como unidad térmica) basta para elevar en 1° C la temperatura de 1/0,1140 = 8,772 kg. de hierro. Por tanto, las 2.264 unidades térmicas mencionadas elevan la temperatura de 1 kilo de hierro en 8,772 X 2.264 = 19860°, o 19.860 kilos de hierro en 1° C. Y como esta cantidad de calor se reparte por igual entre la coraza y la granada, se obtendría un calentamiento de 19860°/2 X 12 = 828°, que representa ya una incandescencia bastante elevada. Pero, como la parte delantera, que recibe directamente el impacto, experimenta siempre un calentamiento incomparablemente mayor que la parte de atrás, tendríamos que la primera se calentaría en 1104° y la segunda en 552°, lo que basta y sobra para explicar el efecto de la incandescencia, aunque tuviésemos que hacer una considerable reducción, correspondiente a la acción mecánica producida por el impacto.

También en el frotamiento desaparece una parte del movimiento mecánico, para reaparecer en forma de calor; y, mediante la medición lo más exacta posible de uno y otro consiguieron, como es sabido, Joule en Manchester y Colding en Copenhague determinan experimentalmente por vez primera, de un modo aproximado, el equivalente mecánico del calor.

Y lo mismo ocurre cuando, por medio de la fuerza mecánica, de una máquina de vapor por ejemplo, se produce una corriente eléctrica en una máquina electromagnética. La cantidad de la llamada fuerza electromotora producida en determinado tiempo es proporcional y, si se expresa en la misma medida, igual a la

cantidad de movimiento mecánico que en el mismo tiempo se consume. Podemos imaginarnos este movimiento como engendrado, no por la máquina de vapor, sino por un peso que cae obedeciendo a la presión de la gravedad. La fuerza mecánica que así se puede producir se mide por la fuerza viva que lo recibiría si cayera libremente desde la misma altura o por la fuerza necesaria para levantarlo de nuevo a la altura de antes, o sea en ambos casos $mv^2/2$.

Vemos, pues, que el movimiento mecánico tiene, ciertamente, una doble medida, pero también que cada una de estas dos medidas rige para una serie perfectamente determinada de fenómenos. Si el movimiento mecánico ya existente se transfiere de tal modo que se mantiene como tal movimiento mecánico, se transfiere con arreglo a la proporción del producto de la masa por la velocidad. Pero si, al transferirse, desaparece como movimiento mecánico para renacer en forma de energía potencial, de calor, de electricidad, etc.; si, dicho de otro modo, se convierte en otra forma de movimiento, la cantidad de esta forma de movimiento nuevo será proporcional al producto de la masa originariamente movida por el cuadrado de la velocidad. En una palabra, mv es el movimiento mecánico medido por el movimiento mecánico; $mv^2/2$ el movimiento mecánico medido por su capacidad para convertirse en una determinada cantidad de otra forma de movimiento. Y hemos visto, asimismo, cómo estas dos medidas, siendo distintas, no pueden, sin embargo, contradecirse la una a la otra.

De donde se deduce, por tanto, que la disputa entre Leibniz y los cartesianos no giraba simplemente en torno a palabras y que el "fallo" emitido por d'Alembert no venía, en realidad, a resolver nada. D'Alembert bien podía haberse ahorrado todo lo que dice en contra de sus antecesores, por la sencilla razón de que no veía más claro que ellos en el problema. Y la verdad es que no era posible llegar a ver claro en él mientras no se supiera qué pasaba con el movimiento aparentemente destruido. Mientras los mecánicos matemáticos, como Suter, se encerrasen porfiadamente entre las cuatro paredes de la ciencia de su especialidad, tenían que seguir tan a obscuras como d'Alembert y no podían hacer otra cosa que servir unas cuantas frases vacuas y contradictorias.

Ahora bien, ¿cómo expresa la mecánica moderna esta transformación del movimiento mecánico en otra forma de movimiento cuantitativamente proporcional a él? La expresa diciendo que ha *rendido trabajo,* tal o cual cantidad de trabajo.

Pero el concepto de trabajo en sentido físico no se reduce a esto. Cuando, como en la máquina de vapor o en la máquina calórica, el calor se trueca en movimiento mecánico, y por tanto el movimiento molecular en movimiento de masa; cuando el calor disuelve una combinación química; cuando en la columna térmica se convierte en electricidad; cuando una corriente eléctrica segrega los elementos del agua del ácido sulfúrico o, a la inversa, el movimiento (alias energía) que queda libre en el proceso químico de una célula excitante reviste forma de electricidad y, a su vez, ésta, al cerrarse el círculo, se trueca en calor: en todos estos casos, la forma de movimiento que inicia el proceso y a la que éste convierte en otra distinta rinde un trabajo, y lo rinde, además, en la cantidad que corresponde a su propia magnitud.

El trabajo es, pues, el cambio de forma del movimiento, considerado en su aspecto cuantitativo.

¿Pero, cómo? Si dejamos colgar tranquilamente en lo alto un peso levantado, ¿es también una forma de movimiento su energía potencial, mientras permanece quieto? Sin duda alguna. Hasta el propio Tait ha llegado a convencerse de que la energía potencial acaba reduciéndose, más tarde o más temprano, a una forma de movimiento actual *(Nature)*.[18] Y Kirchoff, aun prescindiendo de esto, va todavía más allá, cuando dice *(Mathematische Mechanik, pág. 32)*:[19] "La quietud es un caso especial de movimiento", con lo que demuestra que, además de saber calcular, sabe también pensar dialécticamente.

El concepto del trabajo, que se nos presentaba como algo tan difícilmente asequible fuera de la mecánica matemática, se muestra así ante nosotros, de pasada, como jugando y casi por sí mismo, cuando nos paramos a pensar en las dos medidas del movimiento mecánico. En todo caso, ahora sabemos acerca de él más de lo que pudimos aprender en 1862 por la conferencia de Helmholtz *Über die Erhaltung der Kraft* ["Sobre la conservación de la fuerza"], en la que se proponía precisamente "aclarar todo lo posible los conceptos físicos fundamentales del trabajo y de su inmutabilidad". Todo lo que aquí se nos dice del trabajo es que se trata de algo que se expresa en libras-pies o en unidades térmicas y que el número de estas libras-pies o de estas unidades térmicas no varía con respecto a una determinada cantidad de trabajo. Y asimismo que, además de las fuerzas mecánicas o calóricas, también pueden rendir trabajo las fuerzas químicas y eléctricas, si bien éstas agotan su capacidad de trabajo en la medida en que realmente lo rinden. Y que de aquí se deduce el que la suma de las cantidades eficientes de fuerza que se

contienen en la totalidad de la naturaleza permanece, a través de los cambios operados en ésta, perenne e inmutable. El concepto de trabajo no se desarrolla, ni siquiera se lo define.* Y es precisamente la inmutabilidad cuantitativa de la magnitud del trabajo la que le impide a Helmholtz ver que el cambio cualitativo, el cambio de forma, es la condición fundamental de todo trabajo físico. Es así como Helmholtz puede aventurar la siguiente afirmación: "La fricción y el choque no elástico son procesos en los que se *destruye trabajo mecánico,*[20] creándose a cambio de él calor" *(Populäre Vortráge*, II, pág. 166). Es exactamente al contrario. Aquí, no se *destruye* trabajo mecánico, sino que *se realiza.* Es el *movimiento* mecánico lo que *en apariencia* se destruye. Pero el movimiento mecánico jamás ni en modo alguno *puede* rendir trabajo por una millonésima parte de kilogramo-metro sin quedar aparentemente destruido en cuanto tal, sin convertirse en una forma de movimiento distinta.

La capacidad de trabajo encerrada en una determinada cantidad de movimiento mecánico se llama, como hemos visto, su fuerza viva y se medía, hasta hace poco, por mv^2. Pero aquí surge una nueva contradicción. Oigamos a Helmholtz *(Erhaltung der Kraft,* pág. 9). Este autor dice que la magnitud de trabajo puede expresarse mediante un peso, ***m***, elevado a una altura, ***a***, por donde, expresando la fuerza de gravedad por ***g***, la magnitud de trabajo será ***mga***. Para poder elevarse perpendicularmente a la altura ***a***, la velocidad, ***v***, tiene que ser = $\sqrt{2ga}$, y al caer adquiere la misma velocidad. Por tanto, $mga = mv^2/2$, y Helmholtz propone "designar ya desde ahora la magnitud $mv^2/2$ como cantidad de la fuerza viva, con lo que se identifica con la medida de la magnitud de trabajo. Esta variación... carece de importancia en cuanto a la aplicación que hasta ahora veníamos dando al concepto de la fuerza viva y, en cambio, nos deparará importantes ventajas en lo sucesivo".

Parece casi increíble. En 1847, Helmholtz tenía ideas tan poco claras acerca de las relaciones mutuas entre fuerza viva y trabajo, que ni siquiera se da cuenta de que convierte la anterior

* No avanzamos nada si consultamos a Clerk Maxwell. Este dice (en su obra *Theory of Heat* ["Teoría del calor"], 4° ed., Londres, 1875, pág. 87): "Work is done when resistance is overcome" [Se rinde trabajo cuando se vence una resistencia], y en la pág. 185: "The energy of a body is its capacity for doing work." [La fuerza de un cuerpo es su capacidad para rendir trabajo]. Es todo lo que averiguamos acerca de esta cuestión. [*Nota de Engels.*]

medida proporcional de la fuerza viva en su medida absoluta; no tiene ni la menor idea del descubrimiento tan importante que ha hecho con su golpe de audacia y se limita a recomendar que se utilice su $mv^2/2$ en vez de mv^2 ¡simplemente por razones de comodidad! Y fue, en efecto, por comodidad como los mecánicos se acostumbraron a la fómula $mv^2/2$. Hasta que, más tarde, fue probándose también esta fórmula matemáticamente; en Naumann *(Allgemeine Chemie* ["Química general"], pág. 7),[21] encontramos un desarrollo algebraico y en Clausius *(Mechanische Wärmetheorie* ["Teoría mecánica de calor"], 2a ed., I, pág. 18[22]) un desarrollo analítico, que luego Kirchoff (obra cit., pág. 27) se encarga de deducir y llevar a cabo de otro modo.

Una bonita derivación algebraica de $mv^2/2$ partiendo de mv la encontramos en Maxwell (obra cit., pág. 88). Lo cual no impide a nuestros dos escoceses Thomson y Tait decir (obra cit., pág. 163) lo que sigue: "La *fuerza viva* o *energía cinética* de un cuerpo en movimiento es proporcional a su masa y al cuadrado de su velocidad conjuntamente. Si retenemos las anteriores unidades de la masa [y de la velocidad] (a saber, la unidad de la masa que se mueve con la unidad de la velocidad), resulta *particularmente ventajoso*[23] definir la fuerza viva como la *mitad* del producto de la masa por el cuadrado de la velocidad."[24] Como vemos, los dos primeros mecánicos de Escocia hacen que se estanque, aquí, no sólo el pensamiento, sino también el cálculo. La particular *advantage* [lo "particularmente ventajoso"], el carácter fácilmente manejable de la fórmula, lo resuelve todo de la más linda de las maneras.

Para nosotros, que hemos visto que la fuerza viva no es sino la capacidad que una cantidad mecánica dada de movimiento tiene de rendir trabajo; para nosotros, es evidente que la expresión mecánica de la medida de esta capacidad de trabajo y del trabajo realmente rendido por ella tienen necesariamente que ser iguales entre sí; que, por tanto, si $mv^2/2$ mide el trabajo, la fuerza viva deberá tener también por medida $mv^2/2$. Pero así pasa en la ciencia. La mecánica teórica es encuentra con el concepto de la fuerza viva, y la mecánica práctica de los ingenieros tropieza con el del trabajo y se lo impone a los teóricos. Y hasta tal punto ha acabado el cálculo con la costumbre de pensar, que pasa mucho tiempo antes de que se descubra la conexión entre ambos, y mientras el uno toma como medida la fórmula mv^2, el otro

aplica la fórmula $mv^2/2$, hasta que, por último, se acepta para ambos la segunda, pero no por razones de fondo, sino ¡sencillamente para simplificar el cálculo!*

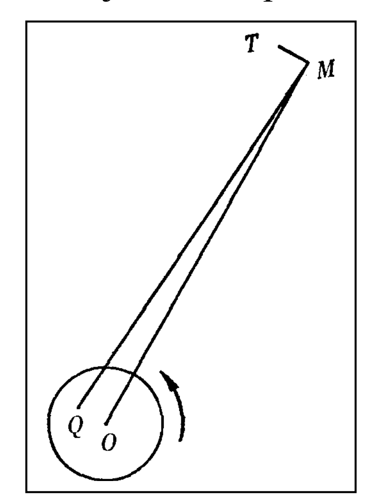
* Tanto la palabra trabajo como la idea misma proceden de los ingenieros ingleses. Pero en inglés el trabajo práctico se expresa con la palabra *work,* mientras que el trabajo en sentido económico se llama *labour.* Por eso al trabajo físico se le designa también con la palabra *work,* lo que descarta toda posible confusión con el trabajo en su acepción económica. No sucede así en alemán, razón por la cual encontramos en la moderna literatura seudocientífica diferentes casos en que el concepto de trabajo en sentido físico aparece peregrinamente aplicado a condiciones de trabajo puramente económicas, y viceversa. En alemán tenemos, sin embargo, la palabra *Werk* [obra], que, al igual que la inglesa *work,* se presta magníficamente para designar el trabajo físico. Pero, como a nuestros naturalistas les cae muy lejos la economía, no es fácil que se decidan a emplear esa palabra en sustitución del término trabajo, ya aclimatado, a menos que lo hagan cuando ya sea demasiado tarde. Clausius es el único que intenta retener la palabra "obra", por lo menos al lado de la palabra "trabajo". [*Nota de Engels*.]

LA FRICCION DE LAS MAREAS. KANT Y THOMSON-TAIT

LA ROTACIÓN DE LA TIERRA Y LA ATRACCIÓN DE LA LUNA[1]

Thomson and Tait, *Natural Philosophy*, I, pág. 191 (§ 276):[2]

"En todos los cuerpos cuyas superficies libres se hallan formadas, en parte, por una masa líquida, como ocurre con la tierra, se dan también resistencias indirectas[3] originadas por la fricción y que oponen un obstáculo a los movimientos de las mareas. Mientras tales cuerpos se mueven en relación con otros vecinos estas resistencias no pueden por menos de restar constantemente energía a sus movimientos relativos. Así, si nos fijamos primeramente en la acción que la luna por sí sola ejerce sobre la tierra con sus mares, lagos y ríos, vemos que esta acción tiende necesariamente a igualar los períodos de la rotación de la tierra sobre su eje y los de la evolución de ambos cuerpos en torno a su centro de inercia, puesto que, cuando dichos períodos difieren entre sí, los efectos del flujo y el reflujo de la superficie de la tierra tienen que restar



constantemente energía a los movimientos de ambos planetas. Para examinar la cosa algo más en detalle y evitar, al mismo tiempo, complicaciones inútiles, vamos a suponer que la luna es una esfera uniforme. La acción y la reacción mutuas de la gravitación entre su masa y la de la tierra será equivalente a una sola fuerza que actúe en una línea cualquiera a través de su centro *y deberá ser de tal naturaleza que tienda a impedir la rotación de la tierra, mientras ésta se realiza en un período más corto que el movimiento de la*

alrededor de ella.[4] Deberá, por tanto, actuar en una línea como MQ y, por consiguiente, diferir del centro de la tierra en OQ, desviación que en la figura tenemos que representar enormemente exagerada. Ahora bien, podemos representarnos la fuerza que realmente actúa sobre la luna en la dirección MQ como formada por dos partes; la longitud de la primera parte, que actúa en la línea MO, dirigida hacia el centro de la tierra, no se desvía perceptiblemente de la

magnitud de la fuerza en su totalidad; la línea MT, o sea el segundo componente, muy pequeño en comparación con el anterior, es perpendicular a MO. Esta última parte es casi por completo tangencial a la órbita de la luna y actúa *en el mismo sentido* en que ésta se mueve. Si una fuerza así comenzara a actuar de repente, lo primero que haría sería aumentar la velocidad de la luna; pero, al cabo de cierto tiempo, y como consecuencia de este mismo movimiento acelerado, la luna se alejaría de la tierra a una distancia tal, que, como su movimiento se produce en contra de la atracción de la tierra, perdería tanta velocidad como la que habría ganado mediante la aceleración tangencial. El efecto de una fuerza tangencial constante e ininterrumpida que, aun actuando en el sentido del movimiento, es tan pequeña que sólo se traduce a cada momento en una pequeña desviación con respecto a la forma circular de la órbita, consiste en ir aumentando gradualmente la distancia del cuerpo central y hace que de la energía cinética del movimiento vuelva a perderse la misma cantidad de trabajo que el que ella misma tiene que rendir en contra de la atracción del cuerpo central. Para comprender fácilmente las circunstancias del caso, no hay más que considerar este movimiento en torno al cuerpo central como efectuado en forma de una órbita, en espiral que va ensanchándose muy lentamente. Suponiendo que la fuerza sea inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, la componente tangencial de la gravedad en contra del movimiento será doble de grande que la fuerza tangencial perturbadora que actúa en el mismo sentido del movimiento, lo que quiere decir que esta última rendirá la mitad del trabajo efectuado en contra de la primera y que la otra mitad será rendida por la fuerza cinética sustraída al movimiento. El resultado total producido sobre el movimiento de la luna por la especial causa perturbadora de que estamos hablando se obtendrá muy fácilmente si nos atenemos al principio de la suma de las cantidades del movimiento. Vemos así que el momento de la cantidad de movimiento que se obtiene en un período cualquiera por los movimientos de los centros de inercia de la luna y de la tierra en relación con su punto común de inercia es igual al que se pierde por la rotación de la tierra en torno a su eje. La suma de los momentos de la cantidad de movimiento de los centros de inercia de la luna y de la tierra, tal como actualmente se mueven, es aproximadamente 4,45 veces mayor que el momento actual de la cantidad de la rotación de la tierra. La órbita media de la primera es una órbita elíptica, razón por la cual la inclinación media de los ejes de ambos momentos, el uno con respecto al otro, es de 23° 27,5', ángulo que, puesto que aquí dejamos a un lado la influencia del sol sobre la órbita de la luna, podemos

aceptar como la inclinación real que actualmente presentan ambos ejes. La resultante o el momento total de la cantidad de movimiento será, por tanto, 5,38 veces mayor que el de la actual rotación de la tierra, y su eje presentará con respecto al de la tierra una inclinación de 19° 13'. Por tanto, la tendencia final *de las mareas*[5] será lograr que la tierra y la luna, con este momento resultante, giren uniformemente en torno a este eje resultante, como si se tratase de dos partes de *un solo* cuerpo rígido: en esta situación, la distancia de la luna con respecto a la tierra aumentaría (aproximadamente) en la proporción de 1:1,46, o sea en la proporción del cuadrado del momento actual de la cantidad de movimiento de los centros de inercia con relación al cuadrado del momento total de la cantidad de movimiento; el período de la revolución aumentaría en proporción a los cubos de las mismas cantidades, es decir, en la proporción de 1:1,77. La distancia aumentaría, por tanto, en 347.100 millas inglesas y el período en 48,36 días. Si, además de la luna y de la tierra, no hubiera otros cuerpos en el cosmos, estos dos planetas seguirían girando eternamente así en órbitas circulares en torno a su centro común de gravedad, de tal modo que, durante una rotación, la tierra giraría una vez en torno a su centro, lo que quiere decir que tendría siempre la misma cara vuelta hacia la luna y que, por consiguiente, todas las partes líquidas de su superficie permanecerían quietas con respecto a las partes sólidas. Pero la existencia de la luna impediría que semejante estado de cosas se mantuviera durante mucho tiempo. Se producirían, en efecto, mareas solares, el nivel de las aguas se mantendría dos veces alto y dos veces bajo durante el período de rotación de la tierra alrededor del sol (es decir, dos veces durante el día solar o, lo que es lo mismo, durante un mes). Lo cual no podría producirse sin que *la fricción de las masas líquidas produjera una pérdida de energía.*[6] No es fácil esbozar todo el curso de la perturbación que esta causa provocaría en los movimientos de la tierra y de la luna; pero no cabe duda de que, a la postre, traería como resultado el que tierra, luna y sol girasen como partes de un solo cuerpo rígido en torno a su centro común de inercia".

Fue Kant el primero que formuló, en 1754, la idea de que la rotación de la tierra se ve demorada por la fricción de las mareas y de que este resultado sólo alcanzaría su término "si su superficie (la de la tierra) llegase a adquirir una quietud respectiva en relación con la luna, es decir, si girase en torno a su eje en el mismo tiempo en que la luna lo hace en torno al suyo, volviendo siempre hacia ella, por tanto, la misma cara".[7] Y opinaba, al pensar así, que dicha demora se debía exclusivamente a la fricción de las mareas y, por tanto, a la existencia

de masas líquidas sobre la tierra. "Si la tierra fuese una masa completamente sólida, sin ninguna clase de líquidos, ni la atracción del sol ni la de la luna haría nada para cambiar la libre rotación en torno a su eje, ya que atrae con igual fuerza las partes orientales que las partes occidentales del globo terráqueo sin provocar con ello tendencia alguna en un sentido ni en otro, razón por la cual seguiría dando vueltas de un modo absolutamente libre, sin que ninguna influencia externa la entorpeciera."[8] Kant podía darse por satisfecho con este resultado, ya que no existían, en aquel tiempo, las premisas necesarias para poder entrar más a fondo en la influencia de la luna sobre la rotación de la tierra. No en vano hubieron de pasar cerca de cien años para que la teoría kantiana lograse la aquiescencia general, y aún hubo de transcurrir más tiempo antes de que se descubriera que el flujo y el reflujo de las mareas sólo era el lado *visible* de los efectos de la atracción ejercida por el sol y la luna, al influir sobre la rotación de la tierra.

Esta concepción general del problema es precisamente la que desarrollan Thomson y Tait. La atracción de la luna y el sol no influye de un modo perturbador para la rotación de la tierra solamente sobre las masas líquidas del planeta tierra o de su superficie, sino sobre toda la masa de la tierra en general. Mientras el período de rotación de la tierra no coincida con aquel en que la luna gira alrededor de la tierra, la atracción de la luna -para no hablar, por el momento, más que de ésta- dará como resultado el acercar cada vez más entre sí ambos períodos. Si el período de rotación del cuerpo central (relativo) fuese más largo que el tiempo que los satélites necesitan para dar la vuelta, el primero iría acortándose gradualmente; y, siendo más corto que el de la tierra, se irá alargando. Pero ni en su caso se crea energía cinética de la nada, ni en el otro se destruye. En el primer caso, el satélite se acercaría más al cuerpo central y su tiempo de rotación se acortaría, mientras que en el segundo caso se alejaría más de él, con un tiempo de rotación más largo. En el primer caso, al acercarse al cuerpo central, el satélite perderá la misma cantidad de energía potencial que el cuerpo central ganará en energía cinética al acelerarse la rotación; en el segundo caso, al aumentar su distancia, el satélite ganará exactamente la misma cantidad de energía potencial que el cuerpo central perderá en cuanto a la energía cinética de su rotación. La suma global de la energía dinámica existente en el sistema tierra-luna, tanto la potencial como la cinética, seguirá siendo la misma; el sistema es absolutamente conservador.

Como se ve, esta teoría es en absoluto independiente de la estructura físico-química de los cuerpos de que se trata. Es el resultado

de las leyes generales de movimiento de los cuerpos cósmicos libres, cuya cohesión se establece por la atracción en proporción directa a las masas y en proporción inversa al cuadrado de las distancias. Se trata de una concepción que brota a ojos vistos como una generalización de la teoría kantiana de la fricción de las mareas y que Thomson y Tait nos presentan, incluso; como la fundamentación de esta teoría por la vía matemática. Pero, en realidad -y sin que, cosa en verdad notable, sus autores tengan ni la menor noción de ello-, en realidad dicha teoría excluye el caso específico de la fricción de las mareas.

La fricción es un entorpecimiento del movimiento de las masas y ha venido considerándose durante: siglos como la destrucción de este movimiento y, por tanto, de la energía cinética. Ahora, sabemos que la fricción y el choque son las dos formas en que la energía cinética se transforma en energía molecular, en calor. Eso quiere decir que toda fricción hace que se pierda una cantidad de energía cinética, para reaparecer, no como energía potencial en el sentido de la dinámica, sino como movimiento molecular, bajo la forma determinada del calor. Por tanto, la energía cinética que se pierde por efecto de la fricción *se pierde realmente,* de momento, en cuanto a las reacciones dinámicas del sistema en cuestión. Y sólo podría actuar de nuevo dinámicamente si de la forma de calor *revirtiera* a la forma de energía cinética.

Ahora bien, ¿qué ocurre realmente en la fricción de las mareas? Es evidente que también aquí la energía cinética comunicada a las masas líquidas de la superficie de la tierra por la atracción de la luna se convierte en calor, ya sea mediante la fricción de unas partículas de agua con otras a consecuencia de la viscosidad del líquido, ya sea por la fricción sobre la superficie sólida de la tierra y la pulverización de las rocas contra la que se estrellan las olas de la marea. Solamente una parte insignificante de este calor, que contribuye a la evaporación de la superficie líquida, revierte de nuevo a la forma de energía cinética. Pero también esta cantidad insignificante de la energía cinética cedida por el sistema total, tierra-luna a una parte de la superficie de la tierra queda sujeta, de momento, en la superficie de la tierra, a las condiciones que allí rigen, las cuales imponen a toda la energía que en ellas actúa la misma suerte final: la de convertirse a la postre en calor y en irradiación en los espacios cósmicos.

Por tanto, en la medida en que la fricción de las mareas influye indiscutiblemente sobre la rotación de la tierra, entorpeciéndola, en esa misma medida se pierde de un modo absolutamente irreparable, en beneficio del sistema dinámico tierra-luna, la energía cinética requerida para ello. No puede, por consiguiente, reaparecer dentro de

este sistema bajo la forma de energía dinámica potencial. Dicho en otros términos: sólo puede reaparecer íntegramente como energía dinámica potencial y, por tanto, compensarse mediante el correspondiente aumento de la distancia de la luna, de la energía cinética empleada mediante la atracción de la luna sobre el entorpecimiento de la rotación de la tierra, la parte que actúa sobre la *masa sólida* del planeta tierra. En cambio, la parte que actúa sobre las masas líquidas de la tierra sólo puede seguir el mismo proceso en cuanto no imprima a estas masas mismas un movimiento contrario a la rotación de la tierra, ya que este movimiento se convierte *íntegramente* en calor, perdiéndose totalmente para el sistema mediante la irradiación.

Y lo que decimos de la fricción de las mareas en la superficie de la tierra es también íntegramente aplicable a la fricción de las mareas en la supuesta masa líquida interior de la tierra, que a veces se admite hipotéticamente.

Lo curioso de la cosa es que Thomson y Tait no se dan cuenta de que, para fundamentar la teoría de la fricción de las mareas, establecen una teoría basada en la premisa tácita de que la tierra es un planeta *absolutamente sólido,* teoría que excluye, por tanto, la posibilidad de las mareas, y por consiguiente, de una fricción producida por ellas.

EL CALOR [1]

Como hemos visto, el movimiento mecánico, la fuerza viva, puede desaparecer bajo dos formas. La primera es su transformación en energía mecánica potencial, mediante el levantamiento de un peso, por ejemplo. Lo característico de esta forma es que no sólo puede convertirse de nuevo en movimiento mecánico, y precisamente en movimiento mecánico de la misma fuerza viva que el primitivo, sino que, además, sólo puede adoptar este cambio de forma. La energía mecánica potencial no puede engendrar nunca calor o electricidad, a menos que se convierta antes en verdadero movimiento mecánico. Se trata, para emplear la expresión de Clausius, de un "proceso reversible".

La segunda forma en que desaparece el movimiento mecánico se da en el frotamiento y el choque, fenómenos que sólo se distinguen entre sí en cuanto al grado. El frotamiento puede considerarse como una serie de pequeños choques sucesivos y yuxtapuestos, y el choque, como el frotamiento concentrado en un momento y un lugar. El movimiento mecánico que aquí desaparece, desaparece *en cuanto tal.* Por el momento, no puede reproducirse por sí mismo. El proceso no es directamente reversible. Se ha transformado en formas de movimiento cualitativamente distintas, en calor, en electricidad, en formas de movimiento molecular.

Por tanto, el frotamiento y el choque determinan el paso del moví miento de masas, que es objeto de la mecánica, al movimiento molecular, objeto de la física.

Al definir la física como la mecánica del movimiento molecular,[2] no hemos perdido de vista que esta expresión no abarca en modo alguno todo el campo de la física actual. Por el contrario. Las vibraciones del éter que determinan los fenómenos de la luz y de la irradiación del calor no constituyen, evidentemente, movimientos moleculares, en el sentido que hoy damos a esta palabra. Sin embargo, sus efectos terrestres afectan en primer lugar a la molécula: los fenómenos de la refracción, de la polarización de la luz, etc., dependen de la estructura molecular de los cuerpos de que se trata. Y, del mismo modo, casi todos los investigadores más prestigiosos consideran actualmente la electricidad como un movimiento de las partículas del éter, y en cuanto al mismo calor, Clausius dice que "...también el éter contenido en el cuerpo puede participar en el movimiento de los

átomos ponderables" (aunque más exacto sería decir aquí molécula, y no átomo) *(Mechanische Wärmetheorie,* I, pág. 22).[3] Pero, en los fenómenos de la electricidad y el calor se tienen en cuenta primordialmente los movimientos moleculares, y así tiene que ser necesariamente, mientras no lleguemos a saber más de lo que sabemos acerca del éter. Cuando estemos en condiciones de poder exponer lo que es la mecánica del éter, no cabe duda de que esta mecánica abarcará mucho de lo que hoy nos vemos obligados a incluir en el campo de la física.

Más adelante hablaremos de los procesos físicos en los que la estructura molecular se altera o incluso se destruye. Estos procesos marcan el tránsito de la física a la química.

Con el movimiento molecular alcanza su plena libertad el cambio de forma del movimiento. En los confines de la mecánica, el movimiento de masas sólo puede cobrar unas cuantas formas más, la de la electricidad o la del calor; al llegar aquí, por el contrario, nos encontramos con una riqueza mucho mayor de cambios de forma: el calor se trueca en electricidad en la pila termoeléctrica, se identifica con la luz al llegar a cierto grado de radiación y vuelve a engendrar, a su vez, movimiento mecánico; la electricidad y el magnetismo, que forman una pareja de hermanos gemelos a la manera de la del calor y la luz, no sólo se truecan la una en el otro, y viceversa, sino que se convierten, asimismo, en luz y en calor, así como también en movimiento mecánico. Y todo ello con sujeción a relaciones tan precisas de medida, que podemos expresar una determinada cantidad de cada una de estas formas de movimiento en cualquiera de las otras formas, en kilográmetros, en unidades de calor o en voltios,[4] así como traducir cada una de estas medidas en otra cualquiera.

El descubrimiento práctico de la transformación del movimiento mecánico en calor es tan antiguo, que casi podríamos considerarlo como punto de partida de la historia de la humanidad. Cualesquiera que hayan sido los progresos que -en lo tocante a la invención de herramientas y a la domesticación de los animales- precedieron al descubrimiento del fuego, los hombres, al aprender a producirlo por el frotamiento, sojuzgaron y pusieron a su servicio, por vez primera, a una fuerza inanimada de la naturaleza. Y todavía es hoy el día en que las supersticiones del pueblo revelan qué impresión tan profunda causó a la humanidad este gigantesco progreso, de alcance casi

incomensurable. Le invención del cuchillo de piedra, la primera herramienta creada por el hombre, siguió rodeada de un halo de celebridad hasta mucho tiempo después de la introducción del bronce y el hierro, como lo demuestra el hecho de que todos los sacrificios religiosos se practicaban con el cuchillo de pedernal. Con este cuchillo ordenó Josué, según la leyenda judía, que fueran circuncidados los hombres que nacieran en el desierto, y los celtas y los germanos empleaban siempre para sus sacrificios humanos esta clase de cuchillos. Son cosas que han quedado sepultadas en el olvido desde hace ya mucho tiempo. No ocurre lo mismo con el fuego producido por frotamiento. A este método de producir el fuego seguían recurriendo la mayor parte de los pueblos para encender el fuego sagrado, mucho después de conocerse otros procedimientos para hacer arder las ramas. Y todavía hoy sigue conservándose en la mayoría de los pueblos europeos la superstición popular (como ocurre, por ejemplo, entre los alemanes con el fuego mágico contra las enfermedades del ganado) de que, para que tenga virtudes sobrenaturales, el fuego debe producirse por frotamiento. De este modo, el lejanísimo recuerdo henchido de gratitud acerca de la primera gran victoria del hombre sobre la naturaleza sobrevive todavía -perdido ya a medias en las sombras de lo inconsciente- en la superstición popular, entre los restos de las reminiscencias mitológicas paganas de los pueblos más cultos del mundo.

El proceso, en la obtención del fuego por frotamiento, conserva todavía, sin embargo, un carácter unilateral. Es la transformación de movimiento mecánico en calor. Para completar el proceso, hay que invertirlo, hay que transformar el calor en movimiento mecánico. Solamente así se dará satisfacción a la dialéctica del proceso, se agotará todo el proceso en un ciclo, por lo menos de momento. Pero la historia tiene su propio curso, y por muy dialécticamente que éste discurra en última instancia, se da con frecuencia el caso de que la dialéctica tenga que esperar bastante tiempo a la historia. La distancia que separó el descubrimiento del fuego por frotación de la invención por Herón de Alejandría (hacia el año 120) de una máquina en la que el escape de vapor de agua producía un movimiento de rotación, se mide indudablemente por milenios. Y de nuevo hubieron de transcurrir cerca de dos mil años hasta que se construyó la primera máquina de vapor, el primer dispositivo que permitió convertir el calor en un movimiento mecánico verdaderamente utilizable.

La máquina de vapor fue el primer invento verdaderamente internacional, que marcó, a su vez, un formidable progreso histórico. La descubrió el francés Papin, pero en Alemania. Fue el alemán Leibniz, expandiendo como siempre en torno suyo ideas geniales, sin

preocuparse de saber a quién se atribuiría el mérito de ellas, el que -cosa que hoy sabemos por la correspondencia de Papin (editada por Gerland)[5]- le facilitó la. idea esencial: el empleo del cilindro y del pistón. Los ingleses Savery y Newcomen inventaron poco después otras máquinas parecidas; hasta que, por último, su compatriota Watt elevó la máquina de vapor, en principio, a su nivel actual, al introducir el condensador separado. Quedaba cerrado así el ciclo de los inventos, en este terreno: se había llevado a cabo la transformación del calor en movimiento mecánico. Lo que vino después no pasaron de ser perfeccionamientos de detalle.

La práctica se había encargado, pues, de resolver a su modo el problema de las relaciones entre el movimiento mecánico y el calor. Había comenzado convirtiendo el primero en el segundo, para pasar luego de la transformación del segundo en el primero. Pero ¿qué ocurría con la teoría?

La situación era bastante lamentable. Aunque precisamente en los siglos XVII y XVIII los incontables relatos de viajes estuvieran llenos de descripciones de pueblos salvajes que no conocían más modo de producir el fuego que el frotamiento, los físicos no se daban por aludidos; y la misma actitud de indiferencia mostraron durante todo el siglo XVIII y las primeras décadas del XIX con respecto a la máquina de vapor. En la mayor parte de los casos, se limitaban sencillamente a tomar nota de los hechos.

Hasta que, por último, en los años veinte y treinta [del siglo XIX] se ocupó del problema Sadi Carnot, y hay que reconocer que con bastante sagacidad, puesto que todavía hoy conservan su valor y son admitidos por Clausius y Clerk Maxwell sus mejores cálculos, que más tarde se encargó Clapeyron de presentar en forma de gráficos geométricos. Carnot casi llegó a penetrar en el fondo del problema. Y si algo le impidió penetrar de lleno en él no fue precisamente la escasez de hechos materiales, sino simplemente una *falsa teoría* preconcebida. Teoría que, por cierto, no había sido impuesta a los físicos por ninguna maligna filosofía, sino que ellos mismos se habían encargado de elaborar sutilmente, partiendo de su propia concepción naturalista, que consideraban tan por encima de la concepción metafísico-filosofante.

En el siglo XVII el calor era considerado, al menos en Inglaterra, como una propiedad de los cuerpos, como "un *movimiento* de una clase especial" (a motion of a particular kind, the nature of which has never been explained in a satisfactory manner [...cuya naturaleza no ha llegado nunca a explicarse satisfactoriamente]). Así lo definía Th.

Thomson, dos años antes del descubrimiento de la teoría mecánica del calor *(Outline of the Sciences of Heat and Electricity,* 2nd edition, London 1840).[6] Pero en el siglo XVIII fue ganando terreno más y más la concepción según la cual el calor era, como la luz, la electricidad y el magnetismo, una sustancia especial, que, al igual que todas estas sustancias peculiares, se distinguía de la materia común y corriente por el hecho de carecer de peso, de ser imponderable.

LA ELECTRICIDAD*

También la electricidad posee, como el calor, aunque de otro modo, cierto don de ubicuidad. Apenas puede producirse un solo cambio sobre la tierra que no acuse la presencia de fenómenos eléctricos. Donde se evapora el agua o arde una llama, donde se produce el contacto entre dos metales distintos o de diverso grado de temperatura o entre el hierro y una solución de sulfato de cobre, vemos aparecer, junto a los fenómenos físicos y químicos más notorios y simultáneamente con ellos, procesos eléctricos. Cuanto más a fondo estudiamos los más diferentes procesos naturales, más vamos descubriendo en ellos huellas de electricidad. Y, sin embargo, a pesar de este don de ubicuidad que presentan los fenómenos eléctricos y del hecho de que va ya para medio siglo que la electricidad se ve obligada, en medida cada vez mayor, a servir al hombre en la industria, se trata precisamente de la forma de movimiento cuya naturaleza se halla más envuelta en el misterio. El descubrimiento de la corriente galvánica es, aproximadamente, veinticinco años más reciente que el del oxígeno, aunque presenta para la teoría de la electricidad una importancia cuando menos igual que el descubrimiento del oxígeno para la química. ¡Y, sin embargo, qué diferencia sigue existiendo, todavía hoy, entre uno y otro campo! En química, gracias sobre todo al descubrimiento de los pesos atómicos por Dalton, reina el orden, vemos una relativa estabilidad de los resultados adquiridos y un ataque sistemático, más o menos organizado sobre los terrenos todavía inexplorados, comparable al asedio en regla de una fortaleza. En la teoría de la electricidad, por el contrario, nos encontramos con un revoltijo caótico de viejos experimentos muy inseguros, ni definitivamente confirmados ni definitivamente desechados, con un tantear a ciegas en la oscuridad, con una serie incoherente de ensayos y experimentos, obra de numerosos investigadores sueltos, que se

* Para los datos de hecho nos remitimos en este capítulo, principalmente, a la obra de Wiedemann titulada *Lehre vom Galvanismus und Elektromagnetismus* ["Teoría del galvanismo y el electromagnetismo"], 2 vols., en 3 partes, 2° edición, Braunschweig, 1872-1874.

En el número de *Nature* correspondiente al 15 de junio de 1882 se habla de este "admirable treatise" ["admirable tratado"], "which in its forthcoming shape, with electrostatics added, will be greatest experimental treatise on electricity in existente" ["que, bajo su forma futura, cuando se le añada la electrostática, será el mejor tratado experimental sobre electricidad que se conozca"][1] [*Nota de Engels.*]

lanzan al asalto de un terreno desconocido cada cual por su lado, sin orden ni concierto, como una horda de jinetes nómadas. En efecto, aún no se ha hecho en el campo de la electricidad un descubrimiento como el de Dalton, que sirva de sólida base para la investigación en toda la línea de la ciencia. Y a este estado de incoherencia reinante en el campo de la electricidad y que impide, por el momento, formular una teoría general, se debe esencialmente ese estado de empirismo que procura pararse a pensar lo menos posible y que, por tanto, no sólo piensa de un modo falso, sino que ni siquiera es capaz de seguir fielmente el hilo de los hechos o de reseñarlos con exactitud, convirtiéndose con ello en el reverso del verdadero empirismo.

Si, en términos generales, se debe recomendar, a los señores naturalistas que no encuentran palabras bastantes para denostar las necias especulaciones apriorísticas de la filosofía alemana de la naturaleza, que lean no sólo las obras teóricas de su tiempo, sino también las escritas con posterioridad por los físicos teóricos de la escuela empírica, esto vale de un modo especial en lo tocante a la teoría de la electricidad. Tomemos una obra escrita en 1840, *An Outline of the Science of Heat and Electricity,* por Thomas Thomson.[2] El viejo Thomson era ya, en su tiempo, ciertamente una autoridad; además, tenía ya a su disposición una parte muy importante de los trabajos de Faraday, el mayor especialista en cuestiones de electricidad hasta entonces conocido. Pero ello no es obstáculo para que en su libro encontremos cosas por lo menos tan disparatadas como en la sección correspondiente de la *Filosofía de la naturaleza,* de Hegel, obra cronológicamente muy anterior. Así, por ejemplo, la descripción que hace de la chispa eléctrica bien podría haber sido traducida directamente del correspondiente pasaje de Hegel. Ambos autores enuncian todas las cosas maravillosas que las gentes se empeñaban en querer descubrir en la chispa eléctrica cuando aún no se sabía lo que en realidad era ni se conocía su rica diversidad y que posteriormente habrían de revelarse, en la mayor parte de los casos, como fenómenos sueltos o como errores. Más aún. En la pág. 446, cuenta Thomson muy en serio las fábulas infantiles de Dessaignes según las cuales, cuando sube el barómetro y baja el termómetro, el vidrio, la resina, etc., al sumergirse en el mercurio, se cargan de electricidad negativa, mientras que, al descender el barómetro y elevarse la temperatura, reciben, por el contrario, una carga eléctrica positiva; siempre según los mismos cuentos para niños, el oro y algunos otros metales se cargaban en verano de electricidad positiva, por calentamiento, y de electricidad negativa por enfriamiento, ocurriendo lo contrario en el invierno;

cuando el barómetro subía y soplaba el viento del Norte, dichos metales aparecían altamente electrificados bajo el signo positivo al elevarse la temperatura y, cuando ésta descendía, bajo el signo negativo, etc., etc. Creo que basta con lo dicho para que nos demos cuenta de cómo eran tratados los hechos. Y, en el plano de la especulación apriorística, he aquí ahora la lucubración sobre la chispa eléctrica con que nos regala Thomson y que proviene nada menos que del propio Faraday: "La chispa es una descarga o un debilitamiento del estado polarizado de inducción de numerosas partículas dieléctricas, producido por la acción especial de un reducido número de ellas, que ocupan un espacio muy pequeño y limitado. Faraday supone que las pocas partículas en las que se localiza la descarga no sólo se dispersan, sino que asumen temporalmente un estado extraordinariamente activo (highly exalted); es decir, que todas las fuerzas que las rodean se lanzan sobre ellas unas tras otras, lo que hace que adquieran un estado de intensidad a tono con esto, tal vez igual a la intensidad de los átomos que se combinan químicamente; descargan entonces estas fuerzas como los átomos lo hacen con las suyas, de un modo hasta ahora ignorado, con lo que termina todo el proceso (and so the end of the whole). El efecto final es exactamente como si una partícula metálica pasara a ocupar el lugar de la partícula que se descarga, y no hay que excluir la posibilidad de que algún día lleguen a revelarse idénticos los principios por los que en ambos casos se rige la acción".[3] "He dado -añade Thomson- esta explicación de Faraday con sus propias palabras, porque no la entiendo claramente." Lo mismo les ocurrirá, sin duda, a muchos otros, como cuando leen en Hegel que, en la chispa eléctrica, "la materialidad especial del cuerpo en tensión no entra aún en el proceso, sino que sólo es determinada elementalmente en él, como un estado del alma", y que la electricidad "es la cólera propia, el arrebato propio del cuerpo", su "yo colérico", que "se manifiesta en todos los cuerpos cuando se les irrita" *(Naturphilosophie,* § 324, adición),[4] Y, sin embargo, la idea fundamental es la misma en Hegel y en Faraday. Ambos se rebelan contra la idea de que la electricidad sea, no un estado de la materia, sino una materia especial, diferente. Y como, aparentemente, la electricidad se manifiesta en la chispa eléctrica como algo independiente y libre, aislado de todo sustrato material extraño y, sin embargo, asequible a los sentidos, ambos se ven, partiendo del estado en que se halla la ciencia de su tiempo, obligados a concebir la chispa eléctrica como la forma fugaz en que se revela una "fuerza" momentáneamente liberada de toda materia. Claro está que, para nosotros, el enigma ha quedado resuelto a partir del momento en que sabemos que al descargarse la chispa entre dos electrodos de metal pasan efectivamente del uno al otro algunas

"partículas metálicas", lo que quiere decir que "la materialidad especial del cuerpo en tensión" sí "entra en el proceso".

Sabido es que, al igual que el calor y la luz, también la electricidad y el magnetismo fueron considerados al principio como materias imponderables de un tipo especial. Pronto se dio, como se sabe, en la idea de que la electricidad se hallaba formada por dos materias opuestas, por dos "fluidos", uno positivo y otro negativo, que en estado normal se neutralizaban mutuamente, hasta que una pretendida "fuerza eléctrica de disociación venía a separarlos, Según esto, podían cargarse dos cuerpos, uno de electricidad positiva y otro de electricidad negativa, de tal modo que, uniéndolos por medio de un tercer cuerpo conductor, se establecería. según las circunstancias, el equilibrio, ya bruscamente, ya a través de una corriente continua. El fenómeno de la compensación brusca parecía muy simple y evidente, pero la corriente presentaba dificultades. Fechner y, en un desarrollo más detallado, Weber opusieron a la hipótesis más sencilla según la cual circulaba en la corriente unas veces electricidad puramente positiva y otras electricidad puramente negativa la idea de que dentro del circuito cerrado circulaban siempre dos corrientes iguales de electricidad positiva y negativa, una al lado de la otra y en dirección opuesta, por canales situados entre las moléculas ponderables de los cuerpos, En la minuciosa formulación matemática de esta teoría, Weber llega también, en último resultado, a multiplicar una función aquí indiferente por la magnitud $^{1}/_{r}$, que significa "la *relación...entre la cantidad de electricidad y un miligramo"*[5] (Wiedemann, *Lehre vom Calvanismus,* etc., 2a ed., III, pág. 569), Ahora bien, la relación con respecto a una unidad de peso no puede ser por sí misma más que una unidad de peso, Por tanto, el empirismo unilateral, llevado por la pasión del cálculo, se había desacostumbrado hasta tal punto de pensar, que, como se ve, convertía la imponderable electricidad en algo ponderable, cuyo peso se incluía en el cálculo matemático.

Las fórmulas establecidas por Weber sólo eran válidas dentro de ciertos limites y no hace más que unos cuantos años que Helmholtz principalmente llegaba, partiendo de estas fórmulas, a resultados que se hallaban en contradicción con el principio de la conservación de la energía, C. Neumann opuso en 1871 a la hipótesis de la doble corriente de sentido contrario formulada por Weber otra, según la cual sólo circulaba en la corriente una de las dos electricidades, la positiva, por ejemplo, al paso que la otra, la negativa, permanecía firmemente unida a la masa del cuerpo. A propósito de lo cual dice Wiedemann: "Podría combinarse esta

hipótesis con la de Weber si se añadiera a la doble corriente de las masas eléctricas ± $^1/_2$ ***e*** opuestas, que da por supuesta Weber, una *corriente de electricidad neutra* carente de acción externa,[6] que arrastrase con ella las cantidades de electricidad ± $^1/_2$ ***e*** en el sentido de la corriente positiva" (III, pág. 577).

Esta tesis es también muy característica del empirismo unilateral. Para hacer que la electricidad circule, se la descompone en electricidad positiva y negativa. Pero todas las tentativas encaminadas a explicar la corriente partiendo de estas dos materias tropiezan con dificultades. Dificultades que afectan tanto a la hipótesis según la cual sólo se halla en la corriente, cada vez, una de estas dos materias como a la que supone que circulan ambas al mismo tiempo y en sentido contrario, y también a la tercera, según la cual una de las materias circula, mientras que la otra permanece en reposo, Ateniéndonos a esta tercera hipótesis, ¿cómo explicar la circunstancia inexplicable de que la electricidad negativa, que se revela, a pesar de todo, tan móvil en la máquina eléctrica y en la botella de Leiden, aparezca en la corriente firmemente unida a la masa del cuerpo? De un modo muy sencillo. Al lado de la corriente positiva + ***e,*** que recorre el hilo hacia la derecha, y de la corriente negativa - ***e,*** que lo recorre hacia la izquierda, hacemos pasar, además, una corriente de electricidad neutra ± $^1/_2$ ***e,*** dirigida hacia la derecha. De este modo, empezamos por suponer que las dos electricidades sólo pueden circular, en todo caso, cuando se hallan separadas una de otra y, para explicar los fenómenos que se producen con motivo de la corriente de las dos electricidades separadas, suponemos que pueden circular también cuando no media separación, Comenzamos, pues, sentando una hipótesis para explicar determinado fenómeno y, a la primera dificultad con que tropezamos, procedemos a formular otra que anula directamente la primera. ¿Cómo tendrá que estar hecha la filosofía, para que estos señores tengan alguna razón, siquiera sea mínima, para quejarse de ella?

Pero, junto a esta concepción, basada en el carácter material de la electricidad, no tardó en surgir otra, que la concebía como un simple estado del cuerpo, como una "fuerza" o como una forma especial de movimiento, que diríamos hoy, Ya hemos visto más arriba que Hegel, y más tarde Faraday, compartían este punto de vista, Una vez que el descubrimiento del equivalente mecánico del calor hubo descartado definitivamente la idea de una "sustancia calórica" especial y habiéndose demostrado que el calor es un

movimiento molecular, el paso siguiente fue aplicar igualmente el nuevo método a la electricidad, tratando de determinar también su equivalente mecánico. Y el resultado fue plenamente satisfactorio. En especial, los experimentos de Joule, Favre y Raoult permitieron fijar no sólo el equivalente mecánico y térmico de lo que se llamaba la "fuerza electromotriz" de la corriente galvánica, sino también su perfecta equivalencia con la energía liberada por los procesos químicos en la pila galvánica y la energía consumida por ellos en la cuba electrolítica. Con ello, pasaba a ser cada vez más insostenible la hipótesis según la cual la electricidad era un fluido material específico.

Sin embargo, la analogía entre el calor y la electricidad distaba todavía mucho de ser perfecta. La corriente galvánica presenta diferencias muy esenciales con respecto a la conducción térmica. Aún no era posible decir qué era lo que se movía en los cuerpos cargados de electricidad. Mostrábase insuficiente aquí la hipótesis de una simple vibración molecular, como en el caso del calor. Daba la velocidad enorme de la electricidad, que sobrepasaba incluso a la de la luz,[7] resultaba difícil sustraerse a la idea de que era algo material lo que aquí se movía entre las moléculas del cuerpo. Es entonces cuando aparecen las teorías más modernas, las teorías de Clerk Maxwell (1864), Hankel (1865), Reynard (1870) y Edlund (1872), acordes con la hipótesis que por vez primera expresara en 1846 Faraday a manera de sugestión: la hipótesis según la cual la electricidad era el movimiento de un medio elástico que llenaba todo el espacio y que, por consiguiente, penetraba en todos los cuerpos, medio cuyas partículas discretas se repelían las unas a las otras en razón inversa al cuadrado de la distancia; en otras palabras, la electricidad vendría a ser un movimiento de las partículas del éter, del que participaban las moléculas de los cuerpos. Las, diversas teorías no se muestran de acuerdo en cuanto al carácter de este movimiento; las de Maxwell, Hankel y Reynard, apoyándose en las recientes investigaciones sobre los movimientos en forma rotatoria, tratan también de explicarlo, cada cual a su modo, por medio de torbellinos. Y así, vemos rehabilitados en los dominios sin cesar nuevos de la ciencia los torbellinos del viejo Descartes. No tenemos para que entrar en el detalle de estas teorías. Discrepan mucho las unas de las otras y están todas ellas llamadas, ciertamente, a pasar todavía por grandes conmociones. En su concepción fundamental común se advierte, sin embargo, un progreso decisivo: la electricidad se concibe como un movimiento de las partículas del éter luminoso, movimiento que repercute sobre las moléculas del cuerpo y que penetra toda materia ponderable. Es

un modo de ver que reconcilia entre sí a los dos anteriores. Según él, lo que en los fenómenos eléctricos se mueve es realmente algo material, distinto de la materia ponderable. Pero este elemento material no es la electricidad misma, la cual se revela más bien como una forma de movimiento, aunque no del movimiento directo, inmediato, de la materia ponderable. Por una parte, la hipótesis del éter señala el camino que permite superar la tosca hipótesis primitiva de los dos fluidos eléctricos contrarios; y, de otra parte, abre la perspectiva de explicar *qué* es el sustrato material propiamente dicho del movimiento eléctrico, qué es aquello cuyo movimiento provoca los fenómenos eléctricos.

La teoría del éter ha alcanzado, desde luego, un éxito indiscutible. Sabemos que hay, por lo menos, un punto en el que la electricidad modifica directamente el movimiento de la luz: hace girar su plano de polarización. Clerk Maxwell, basándose en la teoría más arriba citada, calculó que la constante dieléctrica específica de un cuerpo es igual al cuadrado de su índice de refracción. Ahora bien, Boltzmann, estudiando diferentes cuerpos no conductores, desde el punto de vista de su constante dieléctrica, encuentra que en el azufre, la colofonia y la parafina la raíz cuadrada de este coeficiente es igual a su índice de refracción. La divergencia más alta -el azufre- no pasa del 4 por 100. Por donde la teoría del éter, especialmente la de Maxwell, quedaba experimentalmente confirmada.

Pero tendrá que pasar todavía mucho tiempo y desplegarse mucho esfuerzo antes de lograr, por medio de nuevas series de experimentos, extraer una sólida pepita de estas hipótesis contradictorias. Hasta aquí o tal vez incluso hasta que la teoría del éter sea desahuciada por otra totalmente nueva, el estudio de la electricidad se encuentra en la desagradable situación de tener que emplear una terminología reconocidamente falsa. Sigue hablando sin el menor empacho de la "masa eléctrica que fluye en los cuerpos", de una "bifurcación de las electricidades en cada molécula, etc. Es éste un mal que, como se ha dicho, constituye en su mayor parte una consecuencia del actual estado de transición de la ciencia, pero que, dado el limitado empirismo que reina precisamente en esta rama de la investigación, contribuye no poco a mantener el embrollo de ideas anterior.

Por lo que se refiere a la contradicción entre la llamada electricidad estática o de frotamiento y la electricidad denominada dinámica o galvanismo, podemos considerarla resuelta a partir del momento en que se ha aprendido a producir corrientes continuas por medio de la máquina eléctrica y, a la inversa, a producir la electricidad llamada estática, a cargar botellas de Leiden, etc., con ayuda de la corriente galvánica. Dejamos aquí a un lado la variante

de la electricidad estática, así como el magnetismo, que ahora sabemos que es también una variante de la electricidad. Es en la teoría de la corriente galvánica, en todo caso, donde habrá que buscar la explicación de los fenómenos con ella relacionados, razón por la cual nos atendremos preferentemente a esta teoría.

De varios modos puede producirse una corriente continua. El movimiento mecánico de las masas no comienza produciendo *directamente,* por el frotamiento, más que electricidad estática; sólo a costa de un gran despilfarro de energía engendra una corriente continua; para convertirse, por lo menos en su mayor parte, en movimiento eléctrico, tiene que intervenir el magnetismo, como ocurre en las conocidas máquinas electromagnéticas de Gramme, Siemens, etc. El calor puede convertirse directamente en corriente eléctrica, como sucede sobre todo en el punto de contacto de dos diferentes metales. La energía liberada por la acción química, que en circunstancias normales adopta la forma de calor, bajo determinadas condiciones se trueca en movimiento eléctrico. Y, a la inversa, éste se convierte, cuando se dan las condiciones apropiadas, en cualquier otra forma de movimiento: en movimiento de masas, ya sea en pequeñas proporciones, directamente en las atracciones y repulsiones electrostáticas, ya en gran escala, en los motores electromagnéticos, gracias nuevamente a la mediación del magnetismo; en calor -como ocurre siempre en el circuito energético cerrado, siempre y cuando que no medien otras transformaciones-; en energía química, en las cubas electrolíticas y en los voltámetros intercalados en el circuito cerrado, en los que la corriente disocia combinaciones que no es posible atacar por otros medios.

En todos estos trueques actúa la ley fundamental de la equivalencia cuantitativa del movimiento en todas sus mutaciones. O, como dice Wiedemann, "con arreglo a la ley de conservación de la energía, el trabajo mecánico empleado del modo que sea para producir la corriente tiene que ser equivalente al trabajo empleado para engendrar todos los efectos de la corriente eléctrica".[8] Cuando se trata de trocar en electricidad* el movimiento de masas o el calor, no se tropieza aquí con ninguna clase de dificultades, pues está demostrado que lo que se llama la "fuerza electromotriz" es, en el primer caso, igual al trabajo empleado para producir este

* Empleo el término "electricidad" en el sentido de movimiento eléctrico con el mismo derecho con que se emplea también el término general "calor" para expresar aquella forma de movimiento que a nuestros sentidos se les revela como calor. Y este empleo de la palabra no puede suscitar objeciones, con tanta mayor razón cuanto que de antemano se descarta expresamente aquí toda posible confusión con el estado de *tensión* de la electricidad. [*Nota de Engels.*]

movimiento, y en el segundo caso, "en cada punto de contacto de la pila termoeléctrica, directamente proporcional a su temperatura absoluta" (Wiedemann, III, pág. 482); o, lo que es lo mismo, una vez más, directamente proporcional a la cantidad de calor existente en cada punto de contacto, medida en unidades absolutas. Y se ha demostrado que la misma ley rige también, de hecho, para la electricidad producida por medio de la energía química. Sin embargo, en este caso el asunto no resulta tan sencillo, por lo menos desde el punto de vista de la teoría actualmente en curso. Detengámonos, pues, en él por un momento.

Una de las más hermosas series de experimentos que han podido hacerse, con ayuda de una pila galvánica, acerca de los cambios de forma del movimiento es la de Favre (1857-1858).[9] Se coloca en un calorímetro una pila de Smee de cinco elementos y en otro un pequeño motor electromagnético, haciendo que el eje y la polea sobresalgan y queden libres para cualquier combinación mecánica. Cada vez que se desprende en la pila 1 gr. de hidrógeno o se disuelven en ella 32.6 gr. de cinc (el antiguo equivalente químico del cinc expresado en gramos, igual a la mitad del peso atómico hoy admitido, de 65,2), se registran los resultados siguientes:

A La pila del calorímetro forma un circuito cerrado, excluyendo el motor: se desarrollan 18.682 o 18.674 unidades de calor.

B. La pila y el motor quedan dentro del circuito cerrado, pero el motor se halla bloqueado: calor en la pila, 16.448 unidades; en el motor, 2.219, lo que da un total de 18.667.

C. Como en B, pero moviéndose el motor, aunque sin levantar ningún peso: calor en la pila, 13.888 unidades; en el motor 4.769; en total, 18.657.

D. Como en C, pero levantando el motor un peso y realizando con ello un trabajo mecánico igual a 131,24 kilográmetros: calor en la pila, 15.427; en el motor, 2.947; en total, 18.374 unidades; pérdida con relación a las 18.682 unidades de A = 308 unidades caloríficas. Pero el trabajo mecánico de 131,24 kilográmetros efectuado, multiplicado por 1.000 (para convertir en kilos los gramos del resultado químico) y divididos por el equivalente mecánico del calor, o sea por 423,5 kilográmetros,[10] arroja exactamente la pérdida anterior, como equivalente térmico del trabajo mecánico rendido.

La equivalencia del movimiento a través de todos sus cambios queda así demostrada de un modo palmario en lo que al movimiento eléctrico se refiere, dentro de los límites de las fuentes de error inevitables. Y asimismo queda demostrado que la "fuerza

electromotriz" de la pila galvánica no es más que energía química que se trueca en electricidad y que la misma pila es, sencillamente, un dispositivo, un aparato que transforma en electricidad la energía química liberada, del mismo modo que la máquina de vapor convierte en movimiento mecánico el calor que se le suministra, sin que en ninguno de los dos casos el dispositivo transformador genere por sí mismo nueva energía.

Pero al llegar aquí, y habida cuenta del modo tradicional de ver las cosas, surge una dificultad. Ese modo de ver atribuye a la pila, dadas las relaciones de contacto que en ella se producen entre líquidos y metales, una "fuerza eléctrica de disociación", proporcional a la fuerza electromotriz y que, por tanto, representa una determinada cantidad de energía para una pila dada. Ahora bien, ¿qué relación existe entre esta fuente de energía, según el modo tradicional de ver inherente a la pila en cuanto tal, incluso sin necesidad de efecto químico, qué relación existe entre esta fuerza eléctrica de disociación y la energía liberada por efecto de la acción química? Y, si se trata de una fuente de energía indepencliente de la acción química, ¿de dónde proviene la energía por ella suministrada?

Bajo una forma más o menos oscura, este problema constituye el caballo de batalla entre dos teorías: la del contacto, establecida por Volta, y la teoría química de la corriente galvánica, que surgió poco después.

La teoría del contacto explicaba la corriente por las tensiones eléctricas producidas en cadena en la pila al establecerse el contacto de los metales con uno o varios líquidos, o simplemente por el contacto de los líquidos entre sí y por su nivelación, o bien por la de las electricidades así disociadas y opuestas, dentro del circuito cerrado. La teoría pura del contacto consideraba como totalmente secundarios los cambios químicos que pudieran producirse con este motivo. En cambio, a partir de 1805, Ritter sostuvo que sólo podía engendrarse una corriente cuando los excitadores ejerciesen ya una acción química los unos sobre los otros antes de cerrarse el circuito. Wiedemann (I, pág. 784) resume, en sus rasgos generales, esta vieja teoría química del modo siguiente diciendo que, según ella, la llamada electricidad de contacto "sólo puede producirse si simultáneamente se manifiesta una mutua acción química real de los cuerpos en contacto o, por lo menos, una alteración del equilibrio químico aunque no se halle directamente enlazada a procesos químicos, una «tendencia a la acción química» entre ellos".

Como se ve, ambas partes planteaban de un modo completamente indirecto el problema de la fuente energética de la corriente, y no podía ser de otro modo, en aquella época. A Volta y a sus sucesores les parecía perfectamente normal que el simple

contacto de cuerpos heterogéneos pudiera engendrar una corriente continua y, por tanto, realizar un determinado trabajo, sin contrapartida alguna. Y Ritter y quienes compartían su teoría no comprendían tampoco en lo más mínimo cómo se explica que la acción química ponga a la pila en condiciones de producir la corriente y de suministrar el trabajo de ésta. En cuanto a la teoría química, este punto ha sido dilucidado desde hace ya mucho tiempo por Joule, Favre, Raoult y otros, pero con la teoría del contacto ocurre cabalmente lo contrario. En la medida en que esta teoría se mantiene en pie, permanece, en cuanto a sus rasgos esenciales, en el punto de partida. Así se explica que subsistan en la actual teoría sobre la electricidad ideas que datan de una época ya superada, en la cual no había más remedio que contentarse con explicar cualquier efecto recurriendo a la primera causa que se presentara, producida en la superficie misma de las cosas, aunque para ello hubiera que hacer nacer el movimiento de la nada; ideas que contradicen directamente al principio de la conservación de la energía. Y el hecho de que, más tarde, se eliminen los aspectos más repelentes de estas ideas, se las castre, se las endulce y se las embellezca, no resuelve, ni mucho menos, el problema, pues con ello la confusión, lejos de mejorar, empeora.

Como hemos visto, incluso la vieja teoría química de la corriente entiende que, para que ésta se produzca, es absolutamente necesario establecer relaciones de contacto: esta teoría se limita a afirmar que estos contactos no engendran jamás una corriente a menos que medie una acción química simultánea, e incluso es evidente, hoy mismo todavía, que son precisamente los dispositivos de contacto de la pila los que forman el aparato mediante el cual se transforma en electricidad una parte de la energía química liberada y que de estos dispositivos de contacto depende esencialmente el que la energía química se transforme en movimiento eléctrico y en qué cantidad.

Wiedemann, como empirista unilateral que es, trata de salvar cuanto pueda salvarse de la vieja teoría del contacto.

Sigámosle en sus esfuerzos:

"Aunque el efecto del contacto de cuerpos químicamente indiferente" -dice Wiedemann (I, pág. 799)-, "por ejemplo de metales, no sea, como antes se pensaba, *necesario para la teoría de la pila*[11] ni se haya demostrado tampoco por el hecho de que Ohm haya derivado de esto su ley (ya que habría podido hacerlo sin necesidad de recurrir a esta hipótesis) y de que *Fechner,* que ha confirmado experimentalmente esta ley, defendiera asimismo la teoría del contacto, no se puede negar, sin embargo, la excitación eléctrica por medio del contacto *de los metales,*[11] no se puede

negar, por lo menos, con arreglo a las experiencias de que actualmente disponemos y aunque los resultados que es posible obtener desde el punto de vista cuantitativo adolezcan aún de cierta inevitable incertidumbre, dada la imposibilidad de mantener absolutamente limpias las superficies de los cuerpos en contacto".

Como se ve, la teoría del contacto se ha tornado muy modesta. Se muestra de acuerdo en que no es absolutamente indispensable para explicar la corriente y en que, además, no ha sido demostrada teóricamente por Ohm ni experimentalmente por Fechner. Y llega, incluso, a reconocer que las pretendidas experiencias fundamentales en que únicamente puede seguir apoyándose esta teoría sólo están en condiciones de aportar, desde el punto de vista cuantitativo, resultados poco seguros; en realidad y en fin de cuentas, lo único que de nosotros exige esta teoría es que reconozcamos el hecho de que, en términos generales, el contacto -¡aunque sólo sea el contacto de *metales*!- puede engendrar un movimiento eléctrico.

Y, si la teoría del contacto no pasase de ahí, nada habría que objetar. Es cierto y debe admitirse sin reservas que el contacto de dos metales genera fenómenos eléctricos que pueden hacer estremecerse un anca de rana preparada, cargar un electroscopio o provocar otros movimientos. Pero, a la vista de estos fenómenos, hay que preguntarse, ante todo: ¿de dónde proviene la energía necesaria para ello?

Para contestar a esta pregunta, tendremos, según Wiedemann (I, pág. 14), que "recurrir, *sobre poco más o menos,* a las *siguientes* consideraciones: Si colocamos muy cerca una de otra las placas metálicas heterogéneas A y B, veremos que se atraen en virtud de las fuerzas de la adhesión. Y, al tocarse, pierden la fuerza viva del movimiento que dicha atracción les imprimía. (Si admitimos que las moléculas metálicas se hallan en estado de constante vibración, *podría* también producirse una modificación de sus vibraciones, acompañada de una pérdida de fuerza viva, al tocarse, por el contacto de los metales heterogéneos, las moléculas cuyas vibraciones no concuerden entre sí en cuanto a la fase.) La fuerza viva que se pierde se convierte, *en gran parte,* en calor. Pero *una pequeña parte* de éste se destina a distribuir de otro modo las electricidades no disociadas hasta entonces. Como más arriba hemos dicho, los cuerpos aproximados el uno al otro se cargan de cantidades iguales de electricidad positiva y negativa, *tal vez* en virtud de que la fuerza de atracción no es igual en las dos electricidades".[12]

La modestia de la teoría del contacto se hace cada vez mayor. Se empieza por reconocer que la enorme fuerza eléctrica de disociación, que más adelante desarrollará una labor gigantesca, no

encierra en sí misma ninguna clase de energía propia, e incluso que no puede funcionar mientras no se le suministre energía desde fuera. Y, a renglón seguido, se le atribuye una fuente de energía verdaderamente minúscula, la fuerza viva de la adhesión, que sólo actúa a distancias casi inconmensurables y que hace recorrer a los cuerpos un camino apenas apreciable. Pero no importa: es innegable que esta fuerza existe, como lo es también que desaparece con el contacto. Pues bien, incluso esta fuente mínima suministra demasiada energía para el fin que se persigue; una *gran parte* de dicha energía se convierte en calor, y solamente una *pequeña parte* sirve para producir la fuerza eléctrica de disociación A pesar de que en la naturaleza se dan evidentemente bastantes casos en que impulsos pequeñísimos producen efectos extraordinariamente poderosos, el propio Wiedemann parece darse cuenta de que su fuente de energía, que mana apenas gota a gota, es de todo punto insuficiente, y recurre en busca de la posibilidad de una segunda fuente a la hipótesis de una interferencia de las vibraciones moleculares de los dos metales sobre las superficies de contacto. Pero, aun haciendo caso omiso de otras dificultades con que aquí nos encontramos, Grove y Gassiot han demostrado que, como el propio Wiedemann nos ha dicho una página más arriba, ni siquiera es necesario el contacto eléctrico para producir la electricidad. En una palabra, cuanto más de cerca nos fijamos en ella, más vemos que se seca la fuente de que toma su energía la fuerza eléctrica de disociación.

Y, sin embargo, hasta ahora apenas conocemos otra fuente de energía que pueda engendrar la excitación eléctrica, como no sea el contacto de los metales. Según Naumann *(Allgemeine and physikalische Chemie,* Heidelberg, 1877, pág. 675), "las fuerzas electromotrices de contacto convierten el calor en electricidad"; a su juicio, "es natural suponer que la capacidad de engendrar movimiento eléctrico inherente a estas fuerzas responde a la cantidad de calor existente o, dicho en otros términos, es función de la temperatura", cosa que, según nos dice Naumann, ha sido experimentalmente demostrado por Le Roux. También aquí seguimos moviéndonos en un terreno muy vago. La ley de la serie voltaica de los metales nos impide resolver el problema recurriendo de nuevo a los procesos químicos que sin cesar se producen en pequeña medida en las superficies de contacto, constantemente cubiertas de una delgada capa, casi imposible de disociar para nosotros, de aire y agua impura, que, por tanto, no nos permite explicar la excitación eléctrica por la existencia entre las superficies de contacto de un electrólito activo e invisible. Un electrólito debiera producir, en circuito cerrado, una corriente continua; por el contrario, la, electricidad del puro contacto metálico desaparece tan

pronto como se cierra el circuito. Y es aquí precisamente donde llegamos al punto esencial: esta "fuerza eléctrica de disociación", que el propio Wiedemann limitaba al principio a los metales solamente y que se consideraba incapaz de actuar sin recibir energía de fuera, para verse reducida enseguida a una fuente de energía verdaderamente microscópica, ¿permite la posibilidad de que se forme una corriente continua mediante el contacto de cuerpos químicamente indiferentes, y, suponiendo que sea así, ¿de qué modo ocurre eso?

En la serie voltaica, los metales aparecen colocados siguiendo un orden en el que cada uno de ellos es eléctricamente negativo con respecto al que le precede y positivo en relación con el que le sigue. Por tanto, si colocamos en este mismo orden una serie de piezas de metal, por ejemplo de cinc, estaño, hierro, cobre y platino, podremos obtener tensiones eléctricas en los dos extremos. En cambio, si disponemos esta serie de metales en circuito cerrado, haciendo que se hallen en contacto el cinc y el platino, la tensión se verá inmediatamente compensada, y desaparecerá. "En un circuito cerrado de cuerpos que formen parte de la serie voltaica, no puede llegar a formarse, por tanto, una corriente de electricidad continua"." Y Wiedemann razona, además, esta afirmación a base de las siguientes consideraciones: "En efecto, si se presentase en el circuito una corriente eléctrica continua, produciría en los mismos conductores metálicos un calor que sólo podría suprimirse mediante el enfriamiento de sus puntos de contacto. Esto determinaría, en todo caso, una distribución desigual del calor; la corriente podría también, sin necesidad de aportar energía de fuera, accionar sostenidamente un motor electromagnético y aportar así trabajo, lo cual es imposible, ya que, en caso de una unión fija de los metales, mediante soldadura, por ejemplo, no pueden producirse, ni siquiera en los puntos de contacto, cambios que compensen ese trabajo".[14]

Y, no contento con demostrar teórica y experimentalmente que la electricidad de contacto de los metales no puede por sí sola producir ni la más pequeña cantidad de corriente eléctrica, Wiedemann se verá obligado, como veremos, a poner en pie una hipótesis especial para descartar su eficacia, incluso en los casos en que podría, eventualmente, manifestarse en forma de corriente.

Tratemos, pues, de llegar por otro camino distinto de la electricidad de contacto a la corriente. Representémonos, con Wiedemann,[15] "dos metales, por ejemplo una varilla de cinc y otra de cobre, soldadas en uno de sus puntos, pero unidas en su extremo libre por medio de un tercer cuerpo que no ejerza acción electromotriz con respecto a dichos dos metales y se limite a

conducir las electricidades contrarias acumuladas en su superficie, haciendo que se compensen en ella. En este caso, la fuerza eléctrica de disociación reconstituirá constantemente la diferencia primitiva de potencial y, así, veríamos aparecer en el circuito una corriente eléctrica continua que podría producir un trabajo sin contrapartida alguna, lo que es sencillamente imposible. Por tanto, no puede existir ningún cuerpo que se limite a ser elemento conductor de electricidad, sin desempeñar ninguna actividad electromotriz con respecto a los otros cuerpos". Con esto, no hemos adelantado gran cosa: de nuevo nos cierra el paso la imposibilidad de crear el movimiento. Jamás lograremos producir una corriente mediante el contacto de cuerpos químicamente indiferentes, es decir, con la electricidad de contacto propiamente dicha. Demos, pues, otra media vuelta y tratemos de marchar por el tercer camino, que Wiedemann nos indica.

"Si, finalmente, una placa de cinc y otra de cobre en un líquido en que se contenga lo que se llama una combinación *binaria,* es decir, que pueda desdoblarse en los elementos químicamente distintos completamente saturados uno de otro, por ejemplo una solución de ácido clorhídrico (H + Cl), etc., veremos que, según el § 27, el cinc se carga de electricidad negativa y el cobre de electricidad positiva. Reuniendo los dos metales, estas electricidades se nivelan mutuamente a través del punto de contacto, por el que pasa, por tanto, *una corriente eléctrica positiva* del cobre al cinc. Y, como la fuerza eléctrica de disociación que aparece al producirse el contacto de estos metales *transporta* también *en el mismo sentido* la electricidad positiva, los efectos de las fuerzas de disociación eléctrica *no* se anulan mutuamente, como en un circuito metálico cerrado. *De este modo, se genera aquí una corriente continua de electricidad positiva,* que pasa en circuito cerrado del cobre al cinc, a través del líquido. Pronto (§§ 34 y ss.) volveremos al problema de saber en qué medida contribuyen realmente a la formación de esta corriente las diversas fuerzas de disociación eléctrica existentes dentro del circuito. Llamamos elemento galvánico o cadena galvánica a la combinación de conductores que suministra una «corriente galvánica» de este tipo (I, página 45)."[16]

He aquí que, según esto, se ha realizado el milagro. De creer a Wiedemann, se generará así una corriente continua, gracias simplemente a la fuerza de contacto, que (él mismo nos lo dice) no puede actuar sin que se le suministre energía desde fuera. Para explicarnos esto, no disponemos de otro elemento que del pasaje de la obra de Wiedemann que acabamos de transcribir. ¿No es esto un auténtico milagro? ¿Qué es lo que aquí se nos explica acerca del proceso que tratamos de explicarnos?

1. Si sumergimos cinc y cobre en un líquido que contenga una combinación llamada *binaria,* el cinc, según el § 27, se carga de electricidad negativa y el cobre de electricidad positiva. Ahora bien, en todo el § 27 no se dice ni una palabra de tal combinación binaria. Ese párrafo se limita a describir lo que es un elemento voltaico simple, formado por una placa de cinc y otra de cobre, entre las que se intercala un disco de tela humedecida con un líquido ácido, pasando a estudiar a continuación -sin mencionar para nada ninguna clase de procesos químicos- las cargas de electricidad estática de los dos metales que, en dichas condiciones, se producen. Así, pues, la combinación llamada *binaria* se desliza aquí de contrabando, por la puerta falsa.

2. Esta combinación binaria desempeña un papel completamente misterioso. El hecho de que *"pueda* desdoblarse en dos elementos químicos que se saturan por completo el uno al otro" (¡¿que se saturan por completo, después de haberse desdoblado?!) podría en verdad, a lo sumo, enseñarnos algo si *efectivamente se desdoblara.* Pero no se dice ni una palabra de esto, razón por la cual hay que suponer, por el momento, que *no* se desdobla, como ocurre, por ejemplo, en el caso de la parafina.

3. Así, pues, una vez que en el líquido el cinc se ha cargado de electricidad negativa y el cobre de electricidad positiva, los ponemos en contacto (fuera del líquido). Y, en seguida, "estas electricidades se equilibran mutuamente a través del punto de contacto, por el que, *por tanto,* pasa, del cobre al cinc, una corriente eléctrica *positiva".* Digamos, una vez más, que no nos enteramos de la razón por la cual sólo pasa una corriente de electricidad "positiva" en uno de los dos sentidos, y no pasa también una corriente de electricidad "negativa" en el sentido opuesto. No nos enteramos para nada de lo que pasa con la electricidad negativa, que, hasta ahora, se consideraba tan necesaria como la positiva: la acción de la fuerza eléctrica de disociación consistía precisamente en oponerlas libremente la una a la otra. De pronto, nos encontramos con que esta fuerza queda eliminada, por no decir que escamoteada, dándose la impresión de que sólo existe electricidad positiva.

Sin embargo, poco después, en la pág. 51, se nos dice exactamente lo contrario, al indicarnos que *"dos electricidades se unen*[17] para formar una corriente". ¡Lo que quiere decir que circula tanto la electricidad negativa como la positiva! ¿Quién nos ayudará a salir de esta confusión?

4."Como la fuerza eléctrica de disociación, que aparece al producirse el contacto de estos dos metales, *transporta* también la electricidad positiva *en el mismo sentido,* tenemos que los efectos de las fuerzas eléctricas de disociación no se anulan

mutuamente, como en un circuito metálico cerrado. Se produce aquí, *por tanto*, una corriente continua", etcétera. Realmente, esto es un poco fuerte, pues, como veremos en algunas páginas más abajo (pág. 52), Wiedemann nos demuestra que, "al formarse la corriente continua..., la fuerza eléctrica de disociación en el punto de contacto de los metales... *tiene que mantenerse inactiva",*[18] que no sólo hay corriente incluso aunque, en vez de transportar la electricidad positiva en el mismo sentido, actúe en dirección contraria al sentido de la corriente, sino que, aun en este caso, la corriente no se halla compensada por una determinada parte de la fuerza eléctrica de disociación de la pila, lo que quiere decir que ésta permanece una vez más inactiva. ¿Cómo, entonces, puede Wiedemann, en la pág. 45, hacer que la fuerza eléctrica de disociación contribuya como factor necesario a la formación de la corriente, para negar después, en la pág. 52, su acción mientras dura la corriente recurriendo para ello, además, a una hipótesis especialmente formulada para este efecto?

5. "Se genera aquí, de este modo, una corriente continua de electricidad positiva que, en circuito cerrado, pasa del cobre al cinc, a través de su punto de contacto con éste, y del cinc al cobre a través del líquido." Ahora bien, con semejante corriente eléctrica continua "ésta produciría calor en los mismos conductores" y podría también "accionar un motor electromagnético, suministrando así trabajo", cosa de todo punto imposible a menos que se aporte energía. Y, como quiera que Wiedemann no nos ha dicho, hasta ahora, ni una palabra acerca de si se produce esa aportación de energía y de dónde procede, tenemos que la corriente continua sigue siendo, como lo era hasta aquí, algo perfectamente imposible, ni más ni menos que en los dos casos anteriormente examinados.

Y nadie tiene más clara conciencia de ello que el propio Wiedemann. Por eso considera conveniente pasar por alto, lo antes posible, los numerosos puntos débiles de esta extraña explicación que nos da acerca de cómo se forma la corriente, para entretener al lector a lo largo de varias páginas con toda suerte de pequeñas historias elementales sobre los efectos térmicos, químicos, magnéticos y fisiológicos de esta corriente, cuyo misterio no llega a revelarse, hasta incidir a veces, excepcionalmente, en un tono de completa vulgarización. Después de lo cual, prosigue (pág. 49):

"Tenemos que estudiar, ahora, de qué modo actúan las fuerzas eléctricas de disociación en un circuito cerrado formado por dos metales y un líquido, por ejemplo cinc, cobre y ácido clorhídrico.

"Sabemos que los elementos integrantes de la combinación

binaria (HCl) contenida en el líquido se separan al pasar la corriente, de tal manera que uno de ellos (H) se *libera* en el cobre y una cantidad equivalente del otro (Cl) en el cinc, *mientras que* esta última cantidad se combina con una cantidad equivalente de cinc, para formar la combinación ZnCl".[19]

¡Sabemos! Si sabemos esto, no lo sabemos, ciertamente, gracias a Wiedemann, quien, como hemos visto, no nos ha dicho ni una palabra acerca de tal proceso. Además, si sabemos algo de este proceso, es que no se opera del modo como lo describe Wiedemann.

Cuando, con ayuda de hidrógeno y de cloro gaseoso, se forma una molécula de HCl, se libera una cantidad de energía = 22.000 unidades calóricas (Julius Thomsen). Así, pues, para arrancar nuevamente al cloro de su combinación con el hidrógeno, se necesita aportar de fuera la misma cantidad de energía para cada molécula. ¿De dónde saca la pila esta energía? La exposición de Wiedemann no nos lo dice. Tratemos, pues, de arreglárnoslas nosotros mismos.

Al combinarse el cloro con el cinc para formar cloruro de cinc, se desprende una cantidad de energía considerablemente mayor de la que se necesita para separar el cloro del hidrógeno. (Zn, Cl_2 desprenden 97.210 unidades de cantidad de calor, 2 (H, C1) 44.000 unidades (J. Thomsen). Y esto nos permite explicarnos lo que ocurre en la pila. Así, pues, el hidrógeno no se desprende pura y simplemente en el cobre, como dice Wiedemann, y el cloro en el cinc, "mientras que", después y casualmente, se combinan el cinc y el cloro. Por el contrario, la combinación del cinc y el cloro constituye la condición fundamental más esencial de todo el proceso, y mientras esta condición no se da, es inútil esperar el desprendimiento de hidrógeno en el cobre.

El sobrante de energía liberada al formarse una molécula de $ZnCl_2$ sobre la que se utiliza para desprender dos átomos H de dos moléculas HCl se convierte, pues, en la pila en movimiento eléctrico y suministra la totalidad de la "fuerza electromotriz" que aparece en la corriente. No es, pues, una misteriosa "fuerza eléctrica de disociación", que, sin ninguna fuerza de energía demostrada hasta aquí, desprenda entre sí al hidrógeno del cloro, y viceversa, sino que es el conjunto del proceso químico operado en la pila el que suministra a todas las "fuerzas eléctricas de disociación" y a las "fuerzas electromotrices" del circuito la energía necesaria para su existencia.

Registremos, pues, por el momento, que la *segunda* explicación que Wiedemann nos da de la corriente eléctrica no nos permite avanzar más que la primera, y sigamos con nuestro texto:"

"Este proceso pone de manifiesto que la función del cuerpo

binario entre los dos metales no se limita a una simple atracción predominante de toda su masa con respecto a tal o cual electricidad, como ocurre con los metales, sino que se añade a esto una acción especial de sus elementos integrantes. Como el elemento Cl se desprende allí donde la corriente de la electricidad positiva penetra en el líquido y el elemento H donde aparece la electricidad negativa, *suponemos* [21] que, en la combinación HCl, cada equivalente Cl se halla cargado de una cantidad dada de electricidad negativa, que determina su atracción por la electricidad positiva. Este equivalente es el *elemento electronegativo* de la combinación. Y, del mismo modo, el equivalente H tiene que aparecer cargado de electricidad positiva y constituir el elemento electropositivo de la combinación. Estas cargas *podrían* [21] producirse en la combinación H y Cl, exactamente lo mismo que en el contacto del cinc y el cobre. Y, como la combinación HCl no encierra por sí misma carga eléctrica, *debemos suponer,* a tono con ello, que, en esta combinación, los átomos del elemento positivo y los del elemento negativo contienen cantidades *iguales* de electricidad positiva y negativa.

Si ahora introducimos en una solución de ácido clorhídrico una placa de cinc y otra de cobre, *podemos suponer,*[22] que el cinc ejercerá una atracción más fuerte sobre el elemento eléctricamente negativo (Cl) que sobre el eléctricamente positivo (H) de esta solución. Por consiguiente, las moléculas de ácido clorhídrico que se hallen en contacto con el cinc se *dispondrían* [22] de tal modo, que sus elementos eléctricamente negativos se orientasen hacia el cinc y los eléctricamente positivos hacia el cobre. Y, como quiera que los elementos así ordenados actúan por su atracción eléctrica sobre los elementos de las moléculas siguientes de HCI, tendremos que toda la serie de moléculas que quedan entre la placa de cinc y la de cobre se ordena tal como aparece en la fig. 10:

$$-\,Zn \quad \Big| \quad \overset{-}{\overline{Cl}}\,\overset{+}{H}\;\overset{-}{\overline{Cl}}\,\overset{+}{H}\;\overset{-}{\overline{Cl}}\,\overset{+}{H}\;\overset{-}{\overline{Cl}}\,\overset{+}{H}\;\overset{-}{\overline{Cl}}\,\overset{+}{H} \quad \Big| \quad Cu\,+$$

Si el segundo metal actuase sobre el hidrógeno positivo tal como el cinc actúa sobre el cloro negativo, esto favorecería la indicada disposición. Si actuase en sentido contrario, pero con una acción más débil, permanecería, por lo menos, inalterable la dirección de ella.

Gracias a la acción inductora de la electricidad negativa del elemento eléctricamente negativo Cl, puesto en contacto con el cinc,

la electricidad se *distribuiría* [23] de tal modo sobre el cinc que las partes de éste inmediatamente cercanas al C1 del átomo de ácido [24] más próximo se cargarían de electricidad positiva y las partes más alejadas de electricidad negativa. Y lo mismo en cuanto al cobre: la electricidad negativa se acumularía en la cercanía inmediata del elemento eléctricamente positivo (H) del átomo de ácido clorhídrico [24] próximo, mientras que la electricidad positiva se vería rechazada hacia las partes más lejanas.

Después de esto,[25] la electricidad positiva en el cinc se *combinaría* con la electricidad negativa del átomo Cl más cercano, y éste, a su vez, con el cinc [para formar la combinación ZnCl, sin carga eléctrica].[26] El átomo positivo H, anteriormente combinado con este átomo Cl, se *uniría* [27] al átomo Cl vuelto hacia él del segundo átomo HCl, en tanto que las electricidades contenidas en estos átomos se combinarían entre sí; y lo mismo ocurriría con el segundo átomo HCl: se *combinaría* [27] con el Cl del tercer átomo, y así sucesivamente, hasta que, por último, se liberase en el cobre un átomo H, cuya electricidad positiva se uniría a la electricidad negativa repartida en el cobre, de tal modo que desapareciese en su estado neutro, sin carga eléctrica". Y este proceso "se repetiría hasta el momento en que la repulsión de las electricidades acumuladas en las placas metálicas sobre las de los elementos de ácido clorhídrico vueltas hacia ellas establezca el equilibrio exacto de la atracción de éstas por los metales. Pero, al reunir las placas metálicas por medio de un conductor, las electricidades libres de las placas de metal se unen entre sí, pudiendo así reproducirse los procesos más arriba mencionados. *De este modo,*[27] se generaría una corriente eléctrica continua.

No cabe duda de que esto entraña una pérdida continua de fuerza viva, desde el momento en que los elementos de la combinación binaria que emigran hacia los metales se mueven con una cierta velocidad en dirección a éstos, para entrar luego en estado de quietud, ya sea porque formen una combinación ($ZnCl_2$), ya porque se eludan libremente (H). (Observación [de Wiedemann]: dado el hecho de que la adquisición de fuerza viva obtenida como resultado de la separación de los elementos Cl y H se ve compensada, a su vez, por la fuerza viva que se pierde al ir a reunirse con los elementos de los átomos más cercanos, la influencia de este proceso puede considerarse como una magnitud despreciable.) Esta pérdida de fuerza viva equivale a la cantidad de calor que se libera con ocasión del proceso químico que visiblemente se produce, es decir, en su aspecto esencial, al operarse la descomposición de un equivalente de cinc en la solución ácida. El trabajo desplegado para repartir las electricidades tiene que ser equivalente a este valor. Si, por consiguiente, las electricidades se

reúnen en una corriente, deberá aparecer, durante la descomposición de un equivalente de cinc y el desprendimiento de un equivalente H fuera del líquido, en el circuito cerrado, un trabajo, ya sea bajo forma de calor, ya bajo la forma de un trabajo suministrado desde fuera y que sea, asimismo, equivalente a la cantidad de calor desprendida que corresponda a este proceso químico".

"Suponemos; podríamos; debemos suponer; se distribuiría; se cargarían", etc. Se trata simplemente de conjeturas y de verbos en condicional, de donde sólo podemos extraer con seguridad tres presentes de indicativo: en primer lugar, la combinación del cinc con el cloro se reconoce ahora como condición del desprendimiento de hidrógeno; en segundo lugar, según averiguamos completamente al final y de un modo accesorio, por así decirlo, la energía liberada en el curso de este proceso constituye la fuente, y además fuente única y exclusiva, de toda energía requerida para que llegue a formarse la corriente; y, en tercer lugar, esta explicación que se nos da sobre el modo de formarse la corriente contradice de un modo tan palmario a las explicaciones anteriores como éstas, a su vez, se contradicen entre sí.

Más adelante leemos:

"Por tanto, la corriente continua puede formarse *única y exclusivamente* bajo la acción de la fuerza eléctrica de disociación, procedente de la atracción desigual y de la polarización de los átomos de la combinación binaria en el líquido excitador de la pila por los electrodos metálicos; la fuerza eléctrica de disociación *debe, por el contrario, permanecer inactiva* en el punto de contacto de los metales, donde no pueden manifestarse ya cambios mecánicos. La completa proporcionalidad, más arriba mencionada, de la totalidad de la fuerza eléctrica de disociación (y de la fuerza electromotriz) en el circuito cerrado con el equivalente calórico de los procesos químicos señalados demuestra que la fuerza de disociación eléctrica de contacto, cuando *actúa,* digamos, *en sentido contrario* a la excitación electromotriz de los metales por el líquido como cuando se introduce cinc y plomo en una solución de cianuro de potasio) no se ve compensada por una determinada parte de la fuerza de disociación en el punto de contacto de los metales con el líquido. Tiene que neutralizarse, pues, de otro modo. La cosa ocurriría de la manera más sencilla, admitiendo que, al producirse el contacto del líquido excitador con los metales, la fuerza electromotriz se engendra de dos modos: primeramente, mediante una atracción de las *masas* del líquido como un todo sobre una u otra electricidad; y, en segundo lugar, mediante la atracción desigual de los metales sobre las *partes integrantes*[28] del líquido cargadas de electricidades de signo contrario... Como consecuencia de la primera atracción desigual (de las masas) sobre las

electricidades, los líquidos se comportarían ajustándose plenamente a la ley de la serie voltaica de los metales en un circuito cerrado... Se operaría aquí una neutralización total, hasta cero, de las fuerzas eléctricas de disociación (y de las fuerzas electromotrices); la segunda acción (química)..., en cambio, suministraría *por sí sola* la fuerza de disociación eléctrica necesaria para la formación de la corriente y de la correspondiente fuerza motriz" (I, pág. 52-53).

De este modo, se descarta venturosamente de las explicaciones sobre el modo de formarse la corriente el último residuo de la teoría del contacto y, con él, al mismo tiempo, el último residuo de la explicación inicial dada por Wiedemann, en la pág. 45. Se reconoce, al fin, sin la menor reserva, que la pila galvánica es simplemente un aparato que sirve para transformar la energía química liberada en movimiento eléctrico, en supuesta fuerza eléctrica de disociación y en fuerza electromotriz, exactamente lo mismo que la máquina de vapor es un aparato que sirve para transformar la energía calórica en movimiento mecánico. En ambos casos, vemos que el aparato suministra las condiciones para la liberación de la energía y su ulterior transformación, pero no aporta por sí mismo energía alguna. Sentado esto, nos resta todavía estudiar un poco más de cerca la explicación que Wiedemann da de la corriente, en su tercera versión: ¿cómo se presentan aquí las mutaciones de la energía en el circuito cerrado?

Es evidente, nos dice Wiedemann, que en la pila "se produce una pérdida constante de fuerza viva, por el hecho de que los elementos de la combinación binaria que se mueven hacia los metales marchan hacia ellos con una cierta velocidad, para caer luego en estado de quietud, ya sea formando una combinación ($ZnCl_2$), ya desprendiéndose libremente (H). Esta pérdida es equivalente a la cantidad de calor que se libera en el proceso químico que visiblemente se produce en la solución ácida, es decir, esencialmente, al producirse la descomposición de un equivalente de cinc."

En primer lugar, si el proceso se desarrolla *en toda su pureza,* no se libera en la pila, al descomponerse el cinc, ni la más pequeña cantidad de calor; la energía liberada se transforma precisamente en electricidad, y sólo partiendo de ésta y por el hecho de la resistencia que opone todo el circuito cerrado, se convierte después en calor.

En segundo lugar, la fuerza viva es la mitad del producto de la masa por el cuadrado de la velocidad. La tesis sostenida más arriba

rezaría, por tanto, así: la energía liberada al disolverse un equivalente de cinc en una solución de ácido muriático = tantas o cuántas calorías es también equivalente a la mitad del producto de la masa de los iones por el cuadrado de la velocidad con que se dirigen hacia los metales. Formulada así, no cabe la menor duda de que esta tesis es falsa: La fuerza viva que se manifiesta en el movimiento de los iones dista mucho de ser igual a la energía liberada por el proceso químico.* Si lo fuese, no habría posibilidad de corriente, ya que no quedaría energía para la corriente en el resto del circuito. De ahí que Wiedemann deslice, además, la observación de que los iones entran en estado de quietud, "ya sea formando una combinación, ya desprendiéndose libremente". Y si la pérdida de fuerza viva tiene que incluir, además, transformaciones de energía operadas con motivo de aquellos dos procesos, entonces sí quedaremos definitivamente empantanados, En efecto, toda la energía liberada la debemos a esos dos procesos tomados en conjunto, razón por la cual en modo alguno puede hablarse aquí de una *pérdida* de fuerza viva, sino, a lo sumo, de una *ganancia.*

Es evidente, por tanto, que Wiedemann no se representó nada preciso al escribir dicha frase; en realidad, la "pérdida de fuerza viva" no es otra cosa que el *deus ex machina*[29] que le permite dar el salto mortal de la vieja teoría del contacto a la explicación química de la corriente. De hecho, la pérdida de fuerza viva ha cumplido ya con su misión, y se la deja a un lado; en lo sucesivo, será el proceso químico operado en la pila el que se considerará indiscutiblemente como la única fuente de energía en la formación de la corriente, y toda la preocupación de nuestro autor se dirigirá a encontrar el modo de descartar también de la corriente, de un modo un poco decoroso, el último resto de excitación eléctrica debida al contacto de cuerpos

* F. Kohlrausch (en *Wiedemanns Annalen*, VI [Leipzig, 1879], pág. 206) ha calculado recientemente que para desplazar los iones a través del agua de la solución se necesitarían "fuerzas inmensas", Para hacer que 1 mg recorriese 1 mm haría falta, según estos cálculos, una fuerza de tracción de la siguiente intensidad: para H = 32.500 kg, para Cl = 5.200 kg y, por tanto, para HCl = 37.700 kilogramos, Pero, aunque estas cifras sean absolutamente exactas, no afectan en lo más mínimo a lo que dejamos dicho, Sin embargo, el cálculo contiene los factores hipotéticos que hasta ahora son inevitables en el campo de la electricidad, razón por la cual necesita ser contrastado por medio del experimento. Y éste parece hallarse dentro de lo posible, En primer lugar, estas "fuerzas inmensas" tienen que reaparecer bajo la forma de una determinada cantidad de calor en el lugar en que se consumen, es decir, refiriéndonos al caso anterior, en la pila. En segundo lugar, es necesario que la energía por ellas consumida sea, en determinada cantidad, menor que la suministrada por los procesos químicos de la pila. Y, en tercer lugar, esta diferencia deberá ser absorbida en el resto del circuito cerrado, pudiendo registrarse también, aquí, de un modo cuantitativo. Las cifras del cálculo anterior sólo podrán considerarse definitivas una vez comprobadas por medio de este control experimental. La comprobación en la cuba electrolítica es todavía más viable. [*Nota de Engels.*]

químicamente indiferentes, es decir, la fuerza de disociación que actúa en el punto de contacto de los dos metales.

Cuando leemos la explicación que da Wiedemann de la formación de la corriente, tal como queda resumida, creemos tener ante los ojos un botón de muestra de aquella apologética que los teólogos creyentes o semicreyentes oponían, va ya a hacer cuarenta años, a la crítica filológica e histórica de la Biblia por Strauss, Wilke, Bruno Bauer y otros. Es exactamente el mismo método. Y no puede, además, ser otro. En ambos casos se trata de salvar la *tradición heredada* frente a la ciencia capaz de pensar. El empirismo exclusivo, que se permite cuando más pensar bajo la forma del cálculo matemático, cree operar solamente a base de hechos incontrovertibles. Pero, en realidad, sólo opera con las ideas tradicionales, con los frutos en gran parte superados del pensamiento de sus antecesores, tales como la electricidad positiva y negativa, la fuerza eléctrica de disociación o la teoría del contacto. Estas ideas tradicionales le sirven de base para cálculos matemáticos hasta el infinito, en el curso de los cuales, llevado del rigor de las fórmulas matemáticas, pierde de vista agradablemente el carácter hipotético de las premisas. Es un tipo de empirismo tan escéptico en cuanto a los resultados del pensamiento contemporáneo como crédulo en lo que se refiere el pensamiento de sus antecesores. Hasta los hechos experimentalmente comprobados se vuelven, poco a poco, para él, inseparables de sus interpretaciones tradicionales; el más sencillo fenómeno eléctrico resulta falsificado cuando nos lo imaginamos, por ejemplo, introduciendo en él de contrabando las dos electricidades; este empirismo no es ya capaz de describir honradamente los hechos, pues en la descripción se desliza la interpretación tradicional. En una palabra, tenemos ante nosotros, en el campo de la teoría eléctrica, una tradición tan desarrollada como la que encontramos en el terreno de la teología. Y, como en ambos campos, los resultados de la moderna investigación, la comprobación de hechos hasta ahora desconocidos o controvertidos y las conclusiones teóricas que necesariamente se desprenden de ellas echan por tierra implacablemente la vieja tradición, los defensores de ésta caen en el mayor desconcierto. Se ven obligados a recurrir a toda suerte de subterfugios, a escapatorias insostenibles y a paliativos para envolver irreductibles contradicciones, con lo cual caen en un dédalo de contradicciones sin salida. Lo que aquí enreda a Wiedemann en la, más inextricable contradicción consigo mismo es la fe en toda la vieja teoría de la electricidad, tan sólo porque trata desesperadamente de conciliar de un modo racionalista la vieja explicación de la corriente por medio de la "fuerza de contacto" con la explicación moderna a base de la liberación de energía química.

Tal vez se nos objete que la crítica que más arriba se hace del modo como Wiedemann explica la formación de la corriente se reduce a una disputa puramente verbal, que es posible que Wiedemann se expresara al principio con un poco de imprecisión y descuido, pero que, al fin y al cabo, ofrece a pesar de todo una exposición correcta, a tono con el principio de la conservación de la energía, con lo cual repara todo el daño. He aquí, como respuesta a esto, otro ejemplo, su descripción de lo que ocurre en la pila cinc, solución de ácido sulfúrico, cobre.

"Uniendo las dos placas con un hilo se produce una corriente galvánica... *Por medio del proceso electrolítico*[30] se desprende del *agua*[30] de la solución de ácido sulfúrico un equivalente de hidrógeno, que va hacia el cobre en forma de burbujas. Y sobre el cinc se forma un equivalente de oxígeno, que lo oxida para formar óxido de cinc, el cual se disuelve en el ácido del medio, dando como resultado el óxido de cinc sulfatado" (I, pág. 593).

Para disociar del agua el hidrógeno y el oxígeno se necesita para cada molécula de agua una energía de 68.924 unidades calóricas. Pues bien, ¿de dónde sale la energía que actúa en la pila? Se genera, se nos dice, "por medio del proceso electrolítico". ¿Y de dónde la saca éste? A esto no se da ninguna respuesta.

Ahora bien, Wiedemann nos dice más adelante, y no una vez solamente, sino dos (I, págs. 472 y 614), que, en términos generales, "según recientes experimentos, [en la electrólisis] no se descompone el agua misma", sino, en el caso que nos interesa, el ácido sulfúrico H_2SO_4, el cual se divide, de una parte, en H_2 y de otra parte en $S0_3$ + O, mientras que, en determinadas circunstancias, H_2 y O pueden desprenderse en forma de gas. Pero esto hace cambiar todo el carácter del proceso. El H_2 de H_2S0_4 es directamente sustituido por el cinc bivalente y forma sulfato de cinc $ZnSO_4$ Queda, de una parte, H_3 y de otra $S0_3$ + O. Los dos gases se eliminan en la proporción en que forman agua, y $S0_3$ se combina con el agua de la solución H_2O para volver a formar SO_4H_2, es decir, ácido sulfúrico. Ahora bien, al formarse $ZnSO_4$ se desarrolla una cantidad de energía que no sólo no basta para eliminar y liberar el hidrógeno del ácido sulfúrico, sino que deja, además, un remanente considerable, utilizado, en el caso que nos interesa, para producir la corriente. Por tanto, el cinc no espera a que el proceso electrolítico ponga a su disposición el oxígeno libre para oxidarse, primero, y luego disolverse en el ácido. Por el contrario. Entra directamente en el proceso, el cual *sólo* puede llegar a producirse, en términos generales, *mediante esta incorporación del cinc.*

Vemos aquí cómo las ideas químicas superadas acuden en

apoyo de la vieja manera de ver del contacto. Según la concepción moderna, una sal es un ácido en el que el hidrógeno es sustituido por un metal. El fenómeno que aquí se trata de estudiar confirma esta concepción: la eliminación directa del hidrógeno del ácido por el cinc explica perfectamente la transformación de la energía que aquí se opera. La concepción antigua, que Wiedemann adopta, considera la sal como la combinación de un óxido metálico con un ácido y habla, en consecuencia, de óxido de cinc sulfatado, en vez de sulfato de cinc. Pero, para que en nuestra pila se pueda pasar del cinc y del ácido sulfúrico al óxido de cinc sulfatado, lo primero que hace falta es que el cinc se oxide. Para oxidar el cinc con la rapidez necesaria, hace falta disponer de oxígeno libre. Para disponer de oxígeno libre tenemos que admitir -ya que aparece el hidrógeno sobre el cinc- que el agua se ha descompuesto. Y, para descomponer el agua, necesitamos contar con una energía lo bastante poderosa. ¿Cómo obtenerla? Sencillamente, "por medio del proceso electrolítico", el cual, a su vez, sólo puede operarse una vez que comience a formarse el producto químico que es su resultado final, o sea "el óxido de cinc sulfatado". Por donde tenemos que es el hijo el que engendra a la madre.

Como vemos, pues, también, aquí aparece todo el proceso, en Wiedemann, completamente invertido y puesto de cabeza; sencillamente, porque Wiedemann mezcla y revuelve pura y simplemente como elecrólisis, sin más, la electrólisis activa y la pasiva, que representan dos procesos directamente antagónicos.

Hasta aquí, nos hemos limitado a estudiar lo que ocurre en la pila, es decir, el proceso en el que un remanente de energía es liberado por la acción química y convertido por el mecanismo de la pila en electricidad. Ahora bien, sabemos que este proceso puede aparecer también invertido: la electricidad de la corriente continua desprendida en la pila partiendo de la energía química puede, a su vez, transformarse nuevamente en energía química en una cuba electrolítica intercalada en el circuito. Se trata, evidentemente, de dos procesos contrapuestos entre sí; considerando el primero como químicoeléctrico, el segundo será electroquímico. Ambos pueden desarrollarse en el mismo circuito cerrado y sobre los mismos cuerpos. Así, una pila formada por elementos gaseosos y cuya corriente se produzca al combinarse el hidrógeno y el oxígeno para formar agua, puede suministrar en una cuba electrolítica en circuito los gases hidrógeno y oxígeno, en las proporciones necesarias para formar agua. La manera corriente de ver unifica estos dos procesos opuestos bajo un solo nombre: electrólisis, sin detenerse siquiera a

distinguir entre electrólisis activa y pasiva, entre un líquido excitador y un electrólito pasivo. Así es como Wiedemann habla de la electrólisis en general a lo largo de 143 páginas, añadiendo al final unas cuantas observaciones sobre "la electrólisis en la pila", observaciones en las que, además, los procesos que se desarrollan en las pilas reales sólo ocupan una pequeñísima parte de las 17 páginas que forman este capítulo de la obra. Esta contraposición entre pila y cuba electrolítica ni siquiera se menciona en la "teoría de la electrólisis", que se expone a continuación, y quien buscara en el capítulo siguiente, titulado "Influencia de la electrólisis sobre la resistencia de los conductores y la fuerza electromotriz en el circuito cerrado", ni la más leve referencia a las transformaciones energéticas que se producen en el circuito, sufriría una amarga decepción.

Fijémonos ahora en el "proceso electrolítico" irresistible que, sin aportación visible de energía, puede disociar a H_2 de O y que, en los capítulos del libro que ahora nos ocupan, desempeñan el mismo papel que antes desempeñara la misteriosa "fuerza eléctrica de disociación". "Junto al proceso *primario, puramente electrolítico*[31] de disociación de los iones, nos encontramos con multitud de procesos *secundarios, puramente químicos,* en absoluto independientes de aquél, que se producen mediante la, acción de los iones desprendidos por la corriente. Esta acción puede ejercerse sobre la materia de los electrodos y sobre el cuerpo desintegrado, y, en las soluciones, sobre el medio solvente" (I, pág. 481). Volvamos ahora a la pila a que hace poco nos referíamos: cinc y cobre en una solución de ácido sulfúrico. Según las propias palabras de Wiedemann, los iones que aquí se desprenden son H_2 y O, procedentes del agua. Por consiguiente, la oxidación del cinc y la formación de SO_4Zn es, para él, un proceso secundario, independiente del proceso electrolítico, un proceso puramente químico, aunque el primero sólo pueda operarse gracias a él. Ahora bien, examinemos un poco en detalle la confusión a que necesariamente conduce esta inversión de la marcha real de las cosas.

Atengámonos, para empezar, a los procesos llamados secundarios que se operan en la cuba electrolítica y de que Wiedemann pone algunos ejemplos* (págs. 481-482).

I. Electrólisis de SO_4Na_2 diluido en agua. "Se desintegra... en 1 equivalente $S0_3$ + 0... y 1 equivalente Na... Pero éste reacciona sobre el agua de la solución y desprende de ella 1 equivalente H, a

* Digamos de una vez por todas que Wiedemann emplea siempre los antiguos valores químicos de los equivalentes, y escribe HO, ZnCl, etc. En mis ecuaciones me atengo siempre a los pesos atómicos modernos, empleando las fórmulas H_2O, ZnCl, etc. [*Nota de Engels*.]

la par que se que se forma un equivalente de sodio [NaOH], que se diluye en el agua del medio". La ecuación es ésta:

$$Na_2S0_4 + 2H_2O = O + SO_3 + NaOH + 2H.$$

En este ejemplo cabría, en efecto, considerar la desintegración

$$Na_2\ S0_4 = Na_2 + SO_3 + O$$

como un proceso primario, electroquímico, y la transformación posterior

$$Na_2 + 2\ H_2O = 2\ NaHO + 2H$$

como un proceso secundario, puramente químico. Pero este proceso secundario se produce directamente sobre el electrodo mismo en que aparece el hidrógeno; por consiguiente, la cantidad muy importante de energía que se desprende con este motivo (111.810 unidades calóricas para Na,O,H aq., según Julius Thomsen) se ha convertido, en su mayor parte, al menos, en electricidad, y solamente una parte se ha transformado directamente en calor, en la cuba. Sin embargo, lo mismo puede también suceder con la energía química liberada directamente o con carácter primario en la pila. Pero la cantidad de energía que queda así disponible y se convierte en electricidad se sustrae de la que debe suministrar la corriente para la continua desintegración de SO_4Na_2. Si la transformación del sodio en óxido hidratado se revelaba en el momento inicial de todo el proceso como un proceso secundario, en la segunda fase pasa a ser un factor esencial del conjunto del proceso y deja, con ello, de tener carácter secundario.

Pero en esta cuba electrolítica se opera, además, un tercer proceso: caso de que no llegue a formar una combinación con el metal del electrodo positivo, lo que desprendería nueva energía, SO_2 se combina con H_2O para formar SO_4H_2, o sea ácido sulfúrico. Sin embargo, esta transformación no se opera necesariamente en el mismo electrodo y, por consiguiente, la cantidad de energía liberada aquí (21.320 unidades calóricas, según J. Thomsen) se convierte totalmente o en su mayor parte en calor en la célula misma y suministra, además, una pequeñísima parte de la electricidad a la corriente. Por tanto, Wiedemann ni siquiera menciona el único proceso realmente secundario que se desarrolla en esta célula.

II. "Si se somete a electrólisis una solución de sulfato de cobre [$CuSO_4 + 5H_2O$] entre un electrodo positivo de cobre y un electrodo negativo de platino, se desprende -al tiempo que se desintegra una solución de ácido sulfúrico en el mismo circuito- sobre el electrodo negativo de platino un equivalente de cobre por un equivalente de agua desintegrada; en el electrodo positivo

debiera parecer un equivalente SO_4, pero éste se combina con el cobre del electrodo para formar un equivalente $CuSO_4$, que se disuelve en el agua de la solución de la electrólisis" [I, pág. 481].

Traducido esto al lenguaje moderno de la química, tendríamos que representarnos el proceso del modo siguiente: sobre el platino, se produce una precipitación de Cu, y el SO_4 liberado, que no puede subsistir aisladamente, se desintegra en SO_3 + O, cuyo O se desgaja libremente; SO_3 toma del agua de la solución H_2O para formar SO_4H_2, el cual se combina de nuevo, desgajándose H_2, con el cobre del electrodo para formar $CuSO_4$. En realidad, tenemos aquí ante nosotros tres procesos: 1) disociación de Cu y SO,; 2) $SO_3 + O + H_20 = SO_4H_2 + O$; 3) $H_2SO_4 + Cu = H_2 + CuSO_4$. Sería fácil considerar el primero de estos tres procesos como primario y los otros dos como secundarios. Pero si planteamos el problema de las mutaciones de energía que aquí se operan, vemos que el primer proceso queda íntegramente compensado con una parte del tercero: la disociación del cobre de SO_4 se compensa con su incorporación al otro electrodo. Si hacemos caso omiso de la energía que se necesita para hacer que el cobre pase de un electrodo al otro y de la pérdida de energía inevitable (que no es posible determinar de manera exacta) en la pila por el hecho de su transformación en calor, estaremos precisamente ante el caso en que el proceso supuestamente primario no sustrae energía alguna a la corriente. La corriente suministra energía sólo para permitir la disociación, además indirecta, de H_2 y O, que se revela como el resultado químico real de todo el proceso; es decir, para operar un proceso *secundario* o incluso terciario.

En los dos casos ya enunciados, al igual que en otros, la distinción entre procesos primarios y secundarios tiene una innegable justificación relativa. En ambos casos, se ve que se desintegra también el agua y que los elementos de ésta se disocian en los electrodos contrapuestos. Y como, según los experimentos más recientes, el agua absolutamente pura se acerca lo más posible al ideal de un cuerpo no conductor y también, por tanto, a uno no electrólito, tiene su importancia demostrar que, en estos casos y en otros parecidos, no es el agua la que directamente se desintegra por vía electroquímica, sino que los elementos del agua se desprenden del ácido, a cuya formación debe, sin embargo, contribuir aquí el agua de la solución.

III. "Si sometemos simultáneamente a la electrólisis, en dos tubos en forma de U..., ácido clorhídrico [$HCl + 2H_2O$]... y empleamos en un tubo un electrodo positivo de cinc y en el otro un electrodo positivo de cobre, tendremos que en el primer tubo se disuelve una cantidad de cinc de 32,53 y en segundo una cantidad de cobre de 2 X 31,7"[32].

Por el momento, dejemos a un lado el cobre y atengámonos al cinc. Para Wiedemann, el proceso primario lo constituye aquí la disociación de HCl y el proceso secundario la disolución de Zn.

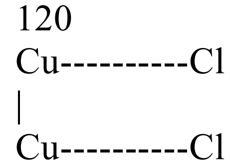
Según esta concepción, la corriente introduce desde fuera en la cuba electrolítica la energía necesaria para que se produzca la disociación de H y Cl y, después de operarse ésta, Cl se une a Zn, lo que libera una cantidad de energía que se resta de la que es necesaria para disociar H de Cl; basta, pues, con que la corriente suministre la diferencia. Hasta aquí, todo marcha bien; pero si nos fijamos un poco más de cerca en las dos cantidades de energía, vemos que la energía liberada con motivo de la formación de $ZnCl_2$ es *mayor* que la energía consumida para la disociación de 2HCl; es decir, que la corriente no sólo no necesita suministrar energía, sino que, lejos de ello, la *recibe.* Ya no tenemos ante nosotros un electrólito pasivo, sino un líquido excitador; no una cuba electrolítica, sino una pila que viene a reforzar con un nuevo elemento el generador de corriente; el proceso que se nos había dicho que debíamos considerar secundario se convierte en absolutamente primario, en la fuente de energía del conjunto del proceso, que hace a éste independiente de la aportación de corriente del generador.

Vemos claramente aquí cuál es la fuente de que emana toda la confusión reinante en la exposición teórica de Wiedemann. Este parte de la electrólisis, sin entrar a examinar para nada si se trata de una electrólisis activo o pasiva, si tiene ante sí una pila o una célula electrolítica. Como decía el viejo comandante al doctor en filosofía enrolado como voluntario, "un cirujano es un cirujano".[33] Y como la electrólisis se estudia mucho más fácilmente en la cuba electrolítica que en la pila, Wiedemann parte efectivamente de la cuba electrolítica y erige los procesos que en ella se efectúan y su clasificación parcialmente justificada en procesos primarios y secundarios en criterio de los procesos que cabalmente a la inversa se operan en la pila, sin darse cuenta siquiera de cómo, insensiblemente, la cuba se convierte en pila. De ahí que pueda formular este principio: "La afinidad química de los cuerpos disociados hacia los electrodos no influye en el proceso propiamente electrolítico" (I, pág. 471), principio que, enunciado bajo esta forma absoluta, es, como hemos visto, totalmente falso. Y de ahí también, en seguida, su triple teoría sobre el modo como se forma la corriente: primero, la vieja teoría tradicional, basada en el puro contacto; segundo, la teoría que tiene como base la fuerza eléctrica de disociación, concebida ya de un modo más abstracto y que, por modo inexplicable, se procura o procura al "proceso electrolítico" la energía necesaria para disociar en la pila los elementos H y Cl y producir, además, una corriente; por último, la teoría moderna,

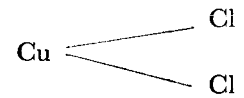
químicoeléctrica, según la cual la fuente de toda la energía es la suma algebraica de todas las acciones químicas que se operan en la pila. Lo mismo que no advierte que la segunda explicación anula la primera, no tiene ni la más remota idea de que, a su vez, la tercera echa por tierra la segunda. Lejos de ello, se empalma a la vieja teoría transmitida por la rutina, de un modo puramente externo, el principio de la conservación de la energía, a la manera como se añade un nuevo teorema geométrico a los anteriores. A Wiedemann ni siquiera se le pasa por las mientes pensar que este principio obliga a revisar todas las concepciones tradicionales, en este campo de las ciencias naturales y en los demás. De ahí que se limite a registrarlo, con motivo de la explicación de la corriente, después de lo cual lo deja tranquilamente a un lado, para destacarlo de nuevo solamente al final del libro, en el capítulo que trata de los efectos de la corriente. Ni siquiera en la teoría de la excitación eléctrica por contacto (I, págs. 781 ss.) desempeña ningún papel el principio de la conservación, en cuanto a lo esencial, de la energía, y solamente de un modo ocasional se recurre a él, para esclarecer los puntos accesorios; es y sigue siendo simplemente un "proceso secundario".

Volvamos al ejemplo III de más arriba. En este ejemplo, la misma corriente electrolizaba de ácido clorhídrico en dos tubos en forma de U, pero en uno de ellos se empleaba cinc y en el otro cobre, como electrodo positivo. Según la ley electrolítica fundamental de Faraday, la misma corriente galvánica desintegra en cada cuba cantidades equivalentes de un electrólito y las cantidades de los cuerpos desprendidos sobre los dos electrodos guardan también entre sí la razón de equivalente (I, pág. 470). Ahora bien, se ha comprobado que, en el caso que nos interesa, en el primer tubo se disuelve la cantidad de cinc 32,53 y en el otro tubo la cantidad de cobre 2 X 31,7. "Esto, sin embargo -prosigue Wiedemann-, no demuestra la equivalencia de estos valores. Sólo se los observa con corrientes muy débiles acompañadas por la formación de cloruro de cinc, de una parte, y de la otra de cloruro de cobre. Con corrientes más intensas, con la misma cantidad de cinc disuelta, la cantidad de cobre disuelto descendería a 31,7..., aumentando también las cantidades de cloro".

Sabemos que el cinc sólo forma con el cloro una combinación: el cloruro de cinc, $ZnCl_2$; el cobre, en cambio, forma dos, el cloruro cúprico, $CuCl_2$, y el cloruro cuproso, Cu_2Cl_2. El proceso se desarrolla, por tanto, de tal modo que la corriente débil separa del electrodo dos átomos de cobre, que permanecen unidos entre sí por una de sus unidades de valencia, al paso que sus dos unidades de valencia libres se combinan con dos átomos de cloro



En cambio, al reforzar la corriente, disocia totalmente los átomos de cobre el uno del otro, y cada uno de ellos se combina por separado con dos átomos de cloro:



Si la corriente es de intensidad media, se forman paralelamente las dos combinaciones. Como se ve, es la intensidad de la corriente, por sí sola, la que determina la formación de una de las combinaciones, lo que quiere decir que no se trata de un proceso esencialmente *electroquímico,* si es que este término encierra algún sentido. No obstante lo cual Wiedemann lo declara expresamente como un proceso secundario, es decir, no electroquímico, sino puramente químico.

El experimento anterior procede de Renault (1867) y forma parte de toda una serie de experimentos parecidos, en los que la misma corriente pasa por un tubo en forma de U, a través de una solución de sal de cocina (electrodo positivo de cinc) y, en otra cuba, a través de diferentes electrólitos, teniendo como electrodo positivo diversos metales. En este caso, las cantidades de los otros metales disueltos por un equivalente de cinc difieren mucho unas de otras, y Wiedemann consigna los resultados de toda la serie de experimentos, resultados que sin embargo son de hecho químicamente evidentes y no pueden ser de otro modo. Así, por ejemplo, por un equivalente de cinc sólo quedan 2/3 de equivalente de oro disueltos en el ácido clorhídrico. Lo cual no tiene nada de sorprendente, salvo en el caso en que, como hace Wiedemann, se mantengan en pie los viejos pesos de equivalencia y se adopte para el cloruro de cinc la fórmula ZnCl, en la cual el cloruro y el cinc sólo aparecen en el cloruro con *una* unidad de valencia. En realidad, el cloruro contiene por cada átomo de cinc dos átomos de cloro ($ZnCl_2$) y, tan pronto como conocemos esta fórmula, vemos inmediatamente que, en la determinación de las anteriores equivalencias, debe tomarse como unidad el átomo de cloro, y no el átomo de cinc. Ahora bien, la fórmula del cloruro de oro es $AuCl_3$; en este caso, es evidente que $3ZnCl_2$ contienen la misma cantidad de cloruro que 2AuCl, y, por consiguiente, todos los procesos operados en la pila o en la cuba, ya sean primarios, secundarios o terciarios, se verán obligados a no transformar ni más ni menos de 2/3 partes

de peso[34] de oro en cloruro de oro por cada parte de peso[34] de cinc transformada en cloruro de cinc. Y esta norma tiene un valor absoluto, a menos que sea posible producir también por vía galvánica la combinación AuCl, en cuyo caso sería necesario que por cada equivalente de cinc se disolvieran dos equivalentes de oro, en cuyo caso se producirían, evidentemente, según la intensidad de la corriente, las mismas variaciones que más arriba veíamos con respecto al cobre y al cloro. La importancia de los experimentos de Renault consiste en que ponen de manifiesto cómo la ley de Faraday se ve confirmada por hechos que aparentemente la contradicen. Pero no se ve en qué puedan estos experimentos contribuir a esclarecer los procesos secundarios en la electrólisis.

El tercer ejemplo puesto por wiedemann nos hacía volver nuevamente de la cuba electrolítica a la pila. Y es, en efecto, la pila la que presenta, con mucho, mayor interés cuando se trata de estudiar los procesos electrolíticos desde el punto de vista de las transformaciones de energía que las acompañan. Así, no es raro encontrarse con pilas en las que los procesos químicoeléctricos parecen hallarse en contradicción directa con la ley de la conservación de la energía y efectuarse en consonancia con las leyes de la afinidad química.

Según los cálculos de Poggendorff, la pila cinc, solución concentrada de sal marina y platino, da una corriente de intensidad 134,6. Por consiguiente, nos encontramos aquí con una cantidad bastante respetable de energía, la tercera parte más que en la pila de Daniell. ¿De dónde procede la energía que aparece aquí bajo forma de electricidad? El proceso "primario" es el desplazamiento del sodio de la combinación con el cloro por la acción del cinc. Pero, en la química usual, no es el cinc el que desplaza al sodio, sino a la inversa, el sodio desplaza al cinc de las combinaciones con el cloro y de otras combinaciones. El proceso "primario", lejos de poder traspasar a la corriente la cantidad de energía señalada más arriba, necesita, por el contrario, él mismo un suministro de energía del exterior, para poder efectuarse. Por tanto, nos vemos de nuevo empantanados simplemente con este proceso "primario". Fijémonos, pues, en cómo ocurren realmente las cosas. Y, entonces, vemos que la transformación que aquí se opera no es

$$Zn + 2\ NaCl = ZnCl_2 + Na,$$

sino

$$Zn + 2NaCl + 2H_2O = ZnCl_2 + 2\ NaOH \text{ -I- } H_2.$$

En otras palabras, el sodio no se desprende libremente en el electronegativo, sino que se oxidratiza, como ocurría más arriba, en el ejemplo I (Págs. [115-116]).

Para calcular las transformaciones de energía que aquí se producen nos brindan, por lo menos, un punto de apoyo los cálculos de Julius Thomsen. Según sus fórmulas, tenemos la siguiente cantidad de energía liberada en las combinaciones señaladas a continuación:
($ZnCl_2$ = 97.210, ($ZnCl_2$, aqua) = 15.630,

o sea, en total, para la solución de

Cloruro de cinc	= 112.840	unidades	calóricas
2 (Na, O, H, aqua)	= 223.620	"	"
	336.460	"	"

De aquí hay que restar, como consumo de energía en las disociaciones

2 (Na, Cl, aq.)	= 193.020	unidades	calóricas
2 (H2 O)	= 136.720	"	"
	329.740	"	"
Remanente de energía liberada	= 6.720	"	"

Esta suma es, evidentemente, pequeña para la intensidad de corriente obtenida por Poggendorff, pero basta para explicar, de una parte, la separación del sodio del cloro y, de otra parte, la formación de la corriente, en general.

He aquí un ejemplo palmario de que la distinción entre procesos primarios y procesos secundarios es perfectamente relativa y nos conduce *ad absurdum* cuando se la presenta como absoluta. El proceso electrolítico primario, aisladamente considerado, no sólo no puede producir corriente, sino ni siquiera llegar a operarse. Sólo el proceso secundario, el que se presenta como proceso puramente químico, permite que llegue a operarse el proceso primario y suministra, además, todo el remanente de energía necesario para la formación de la corriente. Lo que quiere decir que este proceso se revela, en realidad, como el primario y el otro como el secundario. Cuando Hegel trocaba dialécticamente en lo contrario de ellas las diferencias y los antagonismos fijos inventados por los metafísicos y los naturalistas que se dejaban llevar de la metafísica, se le acusaba de tergiversar las palabras empleadas por éstos. Ahora bien, si vemos que la propia naturaleza procede con respecto a estas diferencías y estos antagonismos exactamente lo mismo que el

viejo Hegel, ¿no habrá llegado la hora de estudiar la cosa un poco más de cerca?

Con mayor razón podemos considerar secundarios los procesos que se operan, ciertamente, como *consecuencia* del proceso químicoeléctrico de la pila o del proceso electroquímico de la cuba electrolítica, pero independientemente y aparte de ellos y que, por tanto, se efectúan a cierta distancia de los electrodos. Las transformaciones de energía que se producen con motivo de estos procesos secundarios no entran tampoco, por consiguiente, en el proceso eléctrico, ya que no sustraen a él directamente energía ni se la suministran. Procesos de éstos se presentan con mucha frecuencia en la cuba electrolítica; más arriba (I), hemos visto un ejemplo de ellos, con la formación de ácido sulfúrico en la electrólisis del sulfato de sodio. Sin embargo, estos procesos presentan aquí menos interés. En cambio, tiene mayor importancia práctica su manifestación en la pila. En efecto, si no añaden ni sustraen directamente energía al proceso químicoeléctrico, sí modifican la cantidad total de energía disponible existente en la pila, influyendo, por tanto, indirectamente en ella.

Aquí hay que clasificar, además de las transformaciones químicas adicionales de tipo corriente, los fenómenos que se presentan cuando los iones se desprenden sobre los electrodos bajo un estado distinto de aquel en que de ordinario aparecen libremente, pasando a este estado solamente después de haberse alejado de los electrodos. Los iones pueden, al mismo tiempo, asumir otra densidad u otro estado de cohesión. Pero pueden también sufrir importantes transformaciones desde el punto de vista de su estructura molecular, y es ésta la posibilidad más interesante de todas. En todos estos casos, corresponde una variación análoga de calor a estas transformaciones químicas o físicas secundarias; en la mayor parte de los casos, se produce liberación de calor, y en casos aislados consumo de él. Al comienzo, esta variación de calor se limita, evidentemente, al lugar en que se manifiesta; el líquido de la pila o de la cuba electrolítica se calienta o se enfría, pero el resto del circuito permanece inalterado. De ahí que se dé a este calor el nombre de calor local. Por tanto, la energía química liberada que queda disponible para convertirse en electricidad aumenta o disminuye con el equivalente de este calor positivo o negativo producido en la pila. Según los cálculos de Favre, en una pila de peróxido de hidrógeno y de ácido clorhídrico, los 2/3 del total de energía liberada se consumieron bajo forma de calor local; en cambio, la pila de Grove se enfrió considerablemente después de cerrarse el circuito, aportándole por tanto energía del exterior por absorción de calor. Vemos, de este modo, que incluso estos

procesos secundarios reaccionan sobre el proceso primario. Cualquiera que sea el modo como abordemos el problema, la distinción entre procesos primarios y secundarios sigue siendo puramente relativa y desaparece, por lo regular, en la acción mutua de unos sobre otros. Y si se pierde de vista esto, para considerar estas contraposiciones relativas como absolutas, se acaba cayendo sin remisión en contradicciones como las que veíamos más arriba.

Sabemos que, al producirse el desprendimiento electrolítico de gases, los electrodos de metal se cubren de una delgada capa gaseosa; y, en seguida, la intensidad de la corriente disminuye hasta que los electrodos se hallan saturados de gas, después de lo cual la corriente debilitada vuelve a ser constante. Favre y Silberman han demostrado que en esta cuba electrolítica vemos que se produce también calor local; y éste sólo puede proceder de la circunstancia de que los gases no se han liberado en los electrodos en el estado en que ordinariamente se manifiestan, sino que, después de separarse de los electrodos, sólo se los puede volver a su estado habitual mediante otro proceso unido a un desprendimiento de calor. Ahora bien, ¿en qué estado se desprenden los gases en los electrodos? Acerca de esto, no es posible expresarse con mayor prudencia que lo hace Wiedemann. Este lo llama, simplemente, un "cierto" estado, un estado "alotrópico" o "activo" y, a veces, por último, en el caso del oxígeno, un "estado de ozonización". En el caso del hidrógeno, se expresa todavía de un modo mucho más misterioso. A este propósito, siente uno traslucir la opinión de que el ozono y el peróxido de hidrógeno son las formas bajo las cuales se realiza este estado "activo". Sin embargo, el ozono obsesiona a nuestro autor hasta el punto de llegar a explicar las propiedades extraordinariamente electronegativas de ciertos peróxidos diciendo ¡que "tal vez contengan una parte del oxígeno en *estado ozonizado"!*[35] (I, pág. 57). Es cierto que en lo que se llama la desintegración del agua se forma tanto ozono como peróxido de hidrógeno, pero sólo en pequeñas cantidades. No tenemos ninguna clase de razones para suponer que, en el caso de que se trata, el calor local se halle condicionado por el hecho de que se produzcan primeramente y luego se desintegren cantidades más o menos importantes de las dos combinaciones de más arriba. No conocemos el calor de formación del ozono, O_3, partiendo de los átomos *libres* de oxígeno. La del peróxido de hidrógeno, partiendo de H_2O (líquido) + O, es, según Berthelot = -21.480; por tanto, el nacimiento de esta combinación en grandes cantidades determinaría un fuerte suplemento de energía (aproximadamente, un 30 por 100 de la energía necesaria para la disociación de H_2 y O), el cual, sin embargo, debería saltar a los ojos y ser susceptible de

demostración. Finalmente, el ozono y el peróxido de hidrógeno sólo explicarían los fenómenos relacionados con el oxígeno (no tomando en consideración las inversiones de corriente, que determinarían la confluencia de gases en los mismos electrodos), pero no los referentes al hidrógeno. Y, sin embargo, también éste se desprende en estado "activo", y de tal modo, además, que en la combinación solución de nitrato de potasio entre electrodos de platino se combina directamente con el ázoe desprendido del ácido, para formar amoníaco.

En realidad, todas estas dificultades y todos estos casos problemáticos no existen. El desprender cuerpos "en estado activo" no es monopolio del proceso electrolítico. Cualquier descomposición química conduce a ese resultado. Precipita el cuerpo químico liberado primeramente bajo la forma de átomos libres, O, H, N, etc., que sólo después de su liberación pueden unirse para formar moléculas, $O_2H_2N_2$, etc., cediendo con motivo de esta combinación determinada cantidad de energía, que no es posible, sin embargo, precisar y que aparece bajo la forma de color. Ahora bien, durante el instante infinitamente breve en que los átomos quedan libres, son portadores de toda la cantidad de energía que pueden, en general, asumir; y, hallándose en posesión de este máximum de energía, quedan en libertad para entrar en cualquier combinación que se les ofrezca. Se hallan, pues, "en estado activo" con relación a las moléculas O_2,H_2,N_2, que han cedido ya una parte de esta energía y no pueden entrar en una combinación con otros cuerpos a menos que de nuevo se les suministre desde fuera la cantidad de energía que han cedido. No necesitamos, pues, en absoluto, recurrir antes de nada al ozono y al peróxido de hidrógeno, los cuales no son, por si mismos, otra cosa que productos de este estado activo. Incluso sin necesidad de pila, podemos abordar, simplemente por la vía química, por ejemplo la formación de amoníacos a que acabamos de referirnos con motivo de la electrólisis del nitrato de potasio: basta con añadir ácido azótico a una solución de nitrato a un líquido en el cual se haya liberado hidrógeno por medio de procesos químicos. El estado activo del hidrógeno es el mismo en ambos casos. Pero lo interesante del proceso electrolítico es que, en él, el caso se hace tangible, por así decirlo, la exigencia infinitamente pequeña de átomos libres. El proceso se divide en dos fases: la electrólisis suministra los átomos libres en los electrodos, pero su combinación para formar moléculas se efectúa solamente a cierta distancia de los electrodos. Por infinitamente pequeña que esta distancia sea desde el punto de vista de las relaciones entre masas, basta, sin embargo, para impedir, en su mayor parte al menos, la utilización para el proceso eléctrico de la energía liberada con motivo de la formación de las moléculas y

para determinar,de este modo, su transformación en calor, el calor local en la pila. Se ha comprobado así, sin embargo, que los elementos se han desprendido en estado de átomos libres y han subsistido durante un momento, en la pila, bajo ese estado. Este hecho, que la química pura sólo permite sentar por vía de razonamiento, aparece demostrado aquí de un modo experimental, en la medida en que ello es posible sin la percepción sensible de los átomos y las moléculas. Y en ello reside la alta importancia científica del llamado calor local de la pila.

―――

La transformación de la energía química en electricidad por medio de la pila galvánica es un proceso acerca del cual apenas sabemos nada ni llegaremos a saberlo hasta que no conozcamos mejor el *modus operandi* [modo de actuar] del mismo movimiento eléctrico.

Se atribuye a la pila una "fuerza eléctrica de disociación", determinada para cada pila en particular. Como hemos visto desde el primer momento, Wiedemann supone que esta fuerza eléctrica de disociación no es una forma determinada de la energía. Por el contrario, no es, desde el primer momento, otra cosa que la capacidad, la propiedad que tiene una pila de convertir en electricidad, en una unidad de tiempo, una determinada cantidad de energía química liberada. Por sí misma, esta energía química no asume nunca, en todo el curso del proceso, la forma de la "fuerza eléctrica de disociación", sino que reviste, por el contrario, inmediata y directamente, la forma de lo que se llama "fuerza electromotriz", es decir, del movimiento eléctrico. El hecho de que, en la vida corriente, se hable de la fuerza de una máquina de vapor, en el sentido de que puede convertir, en una unidad de tiempo, determinada cantidad de calor en movimiento de masas, no es razón para introducir también en el campo de la ciencia esta confusión de conceptos. Del mismo modo podríamos hablar de las diferentes fuerzas de una pistola, una carabina, un fusil de cañón liso o de un fusil de tiro largo, ateniéndonos al hecho de que estas armas disparan a diferentes distancias, partiendo de una carga de pólvora y un peso del proyectil iguales. Sólo que aquí salta claramente a la vista lo absurdo que es expresarse de este modo. Todo el mundo sabe que es la inflamación de la carga de pólvora la que pone la bala en movimiento y que el diferente alcance de cada arma depende de la cantidad mayor o menor de energía malgastada según la longitud del cañón, del juego del proyectil[36] y de su forma. Pues bien, lo mismo ocurre con la fuerza del vapor y la fuerza eléctrica de disociación. Dos máquinas de vapor -en igualdad de circunstancias,

es decir, suponiendo que sean iguales las cantidades de energía liberada por ambas, en los mismos intervalos de tiempo- o dos pilas galvánicas que respondan a idénticas condiciones, sólo se distinguen, en lo que se refiere al trabajo que ellas suministran, por la suma mayor o menor de energía que en ellas se malgasta. Y si la técnica de las armas de fuego se las ha arreglado hasta ahora sin necesidad de recurrir a una fuerza de tiro especial de los fusiles, no vemos la razón de que la ciencia de la electricidad tenga por qué admitir una "fuerza eléctrica de disociación" análoga a esta fuerza de tiro, fuerza que no encierra la menor energía y que es, por tanto, incapaz de suministrar por sí misma ni la millonésima parte de un miligramo-milímetro de trabajo.

Y lo mismo puede decirse de la segunda forma de esta "fuerza eléctrica de disociación", que es la "fuerza eléctrica de contacto de los metales", mencionada por Helmholtz. No es otra cosa que la propiedad que tienen los metales de transformar en electricidad, por su contacto, otras fuentes de energía existente. Se trata, lo mismo que en el caso anterior, de una fuerza en que no se contiene ni la menor chispa de energía. Admitamos, con Wiedemann, que la fuerza energética de la electricidad de contacto reside en la fuerza viva del movimiento de adherencia: en tal caso, esta energía existirá primeramente bajo la forma de este movimiento de masas y, al desaparecer, se convertirá inmediatamente en movimiento eléctrico, sin asumir ni por un momento la forma de "fuerza eléctrica de contacto".

Y ahora se nos dice, por añadidura, que la fuerza electromotriz, es decir, la energía química que reaparece bajo la forma de movimiento eléctrico, ¡es -según quienes tal cosa afirman- proporcional a esta "fuerza eléctrica de disociación", que, no sólo no encierra energía alguna, sino que *no puede,* en absoluto, encerrarla, por su concepto mismo! Esta proporcionalidad entre energía y no energía forma, evidentemente, parte de las mismas matemáticas en las que figura la relación entre la unidad de electricidad y el miligramo". Pero, detrás de esa forma absurda que sólo debe su existencia al hecho de concebir una simple propiedad como una *fuerza* mística, se esconde una tautología perfectamente simple: la capacidad de una determinada pila de transformar en electricidad la energía química liberada se mide... ¿por qué? Por la cantidad de energía que reaparece en el circuito bajo la forma de electricidad con respecto a la energía química consumida en la pila. Eso es todo.

Para llegar a una fuerza eléctrica de disociación, hay que tomar en serio el recurso forzoso de dos fluidos eléctricos. Para hacerlos pasar de su neutralidad a su polaridad y, por tanto, para

disociarlos al uno del otro, se necesita cierta cantidad de energía... que es la fuerza eléctrica de disociación. Una vez separados, las dos electricidades pueden ceder de nuevo la misma cantidad de energía, al fundirse: es la fuerza electromotriz. Pero como, actualmente, nadie, ni siquiera Wiedemann, considera las dos electricidades como cosas dotadas de una existencia efectiva, el extenderse sobre esta manera de ver las cosas sería escribir para un público difunto.

El error fundamental en que incurre la teoría del contacto estriba en la imposibilidad de sobreponerse a la idea de que la fuerza de contacto o fuerza eléctrica de disociación es, según ella, una *fuente de energía,* cosa en verdad difícil, después de haber convertido en *fuerza* la simple propiedad que un aparato tiene de servir de agente a la transformación de energía, pues se pretende precisamente que una *fuerza* sea una determinada forma de energía. Por no lograr desembarazarse de esta oscura noción de la fuerza -aunque, por lo demás, se le imponga la idea moderna de la imposibilidad de destruir o de crear la energía- es por lo que Wiedemann cae en la absurda explicación núm. I de la corriente y en todas las contradicciones que a continuación hemos puesto de manifiesto.

Si la expresión "fuerza eléctrica de disociación" encierra un contrasentido directo, la otra, la de "fuerza electromotriz", resulta, por lo menos, superflua. Hemos conocido motores térmicos mucho antes de que se inventaran los motores eléctricos, lo que no es obstáculo para que la teoría del calor se las arregle perfectamente bien sin necesidad de recurrir a una especial fuerza termomotriz. Así como el simple término de calor engloba todos los fenómenos de movimiento que forman parte de esta forma de energía, así también el término de electricidad puede abarcar todos los fenómenos que caen dentro de su campo. Y existen, además, muchas formas de acción de la electricidad que no son directamente "motrices": la imantación del hierro, la desintegración química, la transformación en calor. Finalmente, en todas las ciencias naturales e incluso en la mecánica, representa siempre un progreso el poder desembarazarse, donde sea, de la palabra *fuerza.*

Hemos visto que Wiedemann no aceptaba sin cierta repugnancia la explicación química de los procesos operados en la pila. Esta repugnancia no le abandona jamás; dondequiera que puede echarle algo en cara a la teoría llamada química, podemos estar seguros de que lo hace. Así, vemos que dice: "No se ha demostrado en absoluto que la fuerza electromotriz sea proporcional a la intensidad de la acción química" (I, pág. 791). Y es evidente que esta proporcionalidad no se manifiesta en todos y cada uno de los casos; pero en aquellos en que no aparece, sólo se

muestra con ello que la pila está mal construida y que se produce en ésta un despilfarro de energía. Por eso el propio Wiedemann tiene toda la razón cuando, en sus deducciones teóricas, no toma para nada en cuenta las circunstancias accesorias de este tipo que vienen a alterar la pureza del progreso, y asegura sin andarse con rodeos que la fuerza electromotriz de un elemento es igual al equivalente mecánico de la acción química que en una unidad de tiempo produce en él la unidad de intensidad de corriente.

En otro pasaje, leemos: "Que, además, en la pila ácido-álcali la combinación del ácido y el álcali no es la causa de la formación de la corriente se desprende de los experimentos de los §§ 61 (Becquerel y Fechner), 260 (Du Bois-Reymond) y 261 (Worm-Müller), según los cuales, en ciertos casos, cuando el ácido y el álcali no se combinan en cantidades equivalentes, no existe corriente, así como del experimento citado en el § 62 (Henrici), según el cual la fuerza electromotriz se produce del mismo modo, ya se intercale o no una solución de salitre entre la solución de potasio cáustico y el ácido azótico" (I, pág. 791).[37]

Nuestro autor estudia muy seriamente el problema de si la combinación del ácido y el álcali constituye una de las causas de la formación de la corriente. Así formulada, la pregunta tiene fácil respuesta. La combinación del ácido y el álcali origina, primeramente, la formación de una *sal,* acompañada de la liberación de energía. El que esta energía revista en su totalidad o en parte la forma de electricidad depende de las circunstancias en que se produce su liberación. Por ejemplo, en una pila formada por ácido azótico y una solución de potasa cáustica entre electrodos de platino, así ocurrirá, por lo menos parcialmente, siendo, en cambio, indiferente que se intercale ó no una solución de salitre entre el ácido y el álcali, lo que podrá, a lo sumo, amortiguar la formación de la sal, pero no impedirla. Pero, si se opera a base de una pila del tipo Worm-Müller, a la que Wiedemann hace constantemente referencia, en la que el ácido y la solución del álcali ocupan el centro, con una solución de su sal en los dos extremos, que tenga, además el mismo grado de concentración que la solución formada en la pila, es evidente que no puede generarse corriente alguna, ya que por razón de los elementos situados en las puntas -puesto que en todas partes se forman cuerpos idénticos-, *no puede surgir ninguna clase de iones.* Se ha impedido, pues, que la energía liberada se transforme en electricidad tan directamente como si no se hubiese cerrado el circuito; hay que extrañarse, por tanto, de que no se produzca corriente. Ahora bien, que en general el ácido y el álcali pueden producir una corriente lo revela la pila carbón, ácido

sulfúrico (solución al 10 por 100, potasa; solución al 10 por 100, carbón), que tiene, según Raoult, una intensidad de corriente de 73;* y que, con una disposición apropiada de la pila, pueden suministrar una intensidad de corriente que corresponde a la gran cantidad de energía liberada con motivo de su combinación, se desprende del hecho de que las más poderosas pilas que se conocen se basan casi exclusivamente en la formación de sales de álcali, como ocurre, por ejemplo, con los cálculos de Wheatstone: platino, cloruro de platino, amalgama de potasio, corriente de intensidad 230; peróxido de plomo, solución de ácido sulfúrico, amalgama de potasio = 326; peróxido de manganeso, en vez de peróxido de plomo = 280; sin embargo, cuantas veces se empleaba amalgama de cinc, en vez de la de potasio, la intensidad de la corriente disminuía casi exactamente en 100. Y lo mismo, en la pila peróxido de manganeso sólido, solución de permanganato de potasio, solución de potasa cáustica, potasio, ha obtenido Beetz la intensidad de corriente 302; además, platino, solución de ácido sulfúrico, potasio = 293,8; Joule: platino, ácido azótico, solución de potasa cáustica, amalgama de potasio = 302. La "causa" a que se debe el que se formen estas corrientes excepcionalmente intensas hay que buscarla, sin duda alguna, en la combinación de ácido y de álcali o de metal alcalino y en la gran cantidad de energía que se libera en este caso.

Dos o tres páginas más adelante volvemos a leer en Wiedemann: "Hay que tener mucho cuidado, sin embargo, con no considerar directamente el equivalente-trabajo de la acción química total que aparece en el punto de contacto de los metales heterogéneos como la medida de la fuerza electromotriz en el circuito cerrado. Cuando, por ejemplo, en la pila ácido-álcali *(iterum Crispinus!)*[38] de Becquerel se combinan estos dos cuerpos, cuando en la pila platino, salitre fundido y carbón, arden, o cuando, en una pila corriente: cobre, cinc impuro y ácido sulfúrico diluido, el cinc se disuelve rápidamente con formación de corrientes locales, gran parte del trabajo suministrado (debería decirse de la energía liberada) en estos procesos químicos... se convierte en calor y se pierde, por tanto, para la corriente total" (I, pág. 798). Todos estos procesos se entroncan a la pérdida de energía en la pila; nada tienen que ver con el hecho de que el movimiento eléctrico nace de la energía química transformada, sino solamente con la cantidad de energía que se transforma.

Los especialistas en electricidad han dedicado un tiempo y un esfuerzo infinitos a componer las pilas más diversas y a medir la

* En todas las indicaciones acerca de la intensidad de corriente se calcula a base de la pila de Daniell = 100. [*Nota de Engels*.]

"fuerza electromotriz" de éstas. Los materiales experimentales así acumulados contienen muchas cosas valiosas, pero son más, sin duda alguna, las cosas carentes de valor que en ellas se encuentra. ¿Qué valor científico poseen, por ejemplo, los experimentos científicos en los que se utiliza como electrólito el "agua", que, como ha demostrado ahora Kohlrausch, es el peor conductor y, por tanto, el peor electrólito,* y en los que, por consiguiente, no es el agua la que sirve de mediador al proceso, sino que son sus impurezas desconocidas? Y, sin embargo, más de la mitad de los experimentos de Fechner se basan en este empleo del agua, que es, incluso, su *experimentum crucis,*[39] con ayuda del cual trató de erigir de un modo inquebrantable la teoría del contacto sobre las ruinas de la teoría química.

Como se ve ya aquí, en todos los experimentos en general, exceptuando un reducido número de ellos, no se toman en consideración, por así decirlo, los procesos químicos operados en la pila, que constituyen, sin embargo, la fuente de la fuerza llamada electromotriz. Ahora bien, hay toda una serie de pilas cuya fórmula química no consiente en absoluto sacar una conclusión segura acerca de las conversiones químicas que se operan en ellas después de cerrar el circuito. Por el contrario, como dice Wiedemann (I, pág. 797), es "innegable que estamos todavía lejos de poder abarcar con una mirada todos los casos de atracciones químicas que se producen en la pila". Por consiguiente, desde el punto de vista de su aspecto químico, punto de vista que va adquiriendo una importancia cada vez mayor, todos los experimentos de este tipo carecerán de valor mientras no se repitan en condiciones que permitan controlar aquellos procesos.

Sólo muy excepcionalmente puede hablarse, en esta clase de experimentos, de tener en cuenta las transformaciones de energía operadas en la pila. Muchos de ellos se han llevado a cabo antes de que se reconociera científicamente la ley de la equivalencia del movimiento, lo que no es obstáculo para que, por rutina, sigan deslizándose de un manual en otro, sin que nadie los controle ni puedan darse por terminados. Se ha dicho que la electricidad no conoce la inercia (lo que encierra, sobre poco más o menos, el mismo sentido que si se dijera que la velocidad carece de peso específico), pero no podría, en manera alguna, afirmarse lo mismo en cuanto a la *teoría* de la electricidad.

* Una columna de 1 mm de longitud del agua más pura obtenida por Kohlrausch afrecería la misma resistencia que un conductor de cobre del mismo diámetro y de una longitud aproximadamente igual a la de la órbita de la luna (Naumann, *Allgemeine Chemie,* pág. 729). [*Nota de Engels.*]

Hasta aquí, hemos considerado el elemento galvánico como un dispositivo en el cual, por virtud de las relaciones de contacto que se establecen, la energía química se libera y convierte en electricidad, de un modo que todavía desconocemos. Y asimismo hemos presentado la cuba electrolítica como un aparato en el que se opera el proceso inverso, es decir, en el que el movimiento eléctrico se transforma en energía química y se consume en cuanto tal. Con este motivo, hemos tenido que destacar en primer plano el aspecto químico del proceso, aspecto del que se cuidan tan poco los especialistas en electricidad; era éste, en efecto, el único medio de que disponíamos para desembarazarnos de toda la turbamulta de ideas heredadas por tradición de la vieja teoría del contacto y de la teoría de los dos fluidos eléctricos. Hecho esto, se trata ahora de estudiar el problema de si el proceso químico operado en la pila se desarrolla en las mismas condiciones que fuera de ella o si presentan allí fenómenos especiales que dependan de la excitación eléctrica.

Las ideas erróneas son, en toda ciencia, en último resultado, dejando a un lado los errores de observación, maneras falsas de representarse hechos exactos. Y éstos permanecen en pie, aun después de demostrar la falsedad del modo de concebirlos. Aun desechada la vieja teoría del contacto, siguen en pie los hechos comprobados que esa teoría trataba de explicar. Pues bien, consideremos estos hechos y, al mismo tiempo, el aspecto propiamente eléctrico del proceso operado en la pila.

Es indiscutible que, por el contacto de cuerpos heterogéneos, con cambios químicos o sin ellos, se produce una excitación eléctrica, susceptible de ser demostrada mediante un electroscopio o un galvanómetro. Como veíamos al principio, la fuente de energía de estos fenómenos de movimiento, extraordinariamente mínimos de por sí, resulta difícil de comprobar en cada caso; pero esto no importa, pues la existencia de esta fuente exterior se da generalmente por admitida.

Kohlrausch publicó en 1850-1853 una serie de experimentos en los que reúne por parejas los diferentes elementos constitutivos de una pila, para determinar las tensiones de electricidad estática que en cada caso se manifiestan; según él, la fuerza electromotriz del elemento debería estar formada por la suma algebraica de estas tensiones. Tomando como base la tensión Zn/Cu = 100, calcula en los siguientes términos la intensidad relativa de la pila de Daniell y de la pila de Grove:

Daniell:

Zn/Cu + amalg. Zn/H_2SO_4Cu = 100 + 149 - 21 = 228;

Grove:

Zn/Pt + amalg. Zn/H_2S0_4 + Pt/HNO_3 = 107 + 149 = 405,

lo que corresponde, sobre poco más o menos, a la medida directa de la intensidad de la corriente de estos elementos. Pero estos resultados no son, ni mucho menos, seguros. En primer lugar, el propio Wiedemann llama la atención, pero "no aporta, desgraciadamente, datos numéricos en cuanto a los resultados de los experimentos sueltos".[40] Y, en segundo lugar, él mismo reconoce en varias ocasiones que son, por lo menos, muy poco seguros, a causa de las numerosas fuentes inevitables de error, todos los experimentos encaminados a determinar cuantitativamente las excitaciones eléctricas en el caso del contacto entre metales. Y si, a pesar de ello, Wiedemann opera más de una vez a base de las cifras de Kohlrausch, mejor será que no le sigamos por este camino, tanto más cuanto que existe otra posibilidad de determinación a la que no se le pueden oponer estas objeciones.

Si sumergimos en el líquido las dos placas excitadoras de una pila y las ponemos en circuito con las dos puntas de un galvanizador, tenemos, según Wiedemann, que "la desviación inicial de su aguja imantada, antes que las transformaciones químicas modifiquen la intensidad de la corriente, nos da la medida de la suma de las fuerzas electromotrices en el circuito cerrado".[41] Lo que vale tanto como decir que pilas de diferente intensidad indicarán diferentes desviaciones iniciales y que la magnitud de estas desviaciones iniciales será proporcional a la intensidad de la corriente de las correspondientes pilas.

Tal parece que si tuviésemos aquí, ante nuestros ojos, de un modo palpable, la "fuerza eléctrica de disociación", la "fuerza de contacto", que provoca un movimiento independiente de toda acción química. Esto es, en efecto, lo que piensa la teoría del contacto. Y no cabe duda de que nos encontramos aquí ante un nexo, no estudiado todavía por nosotros en las páginas anteriores, entre la excitación eléctrica y la acción química. Para entrar en su examen, tenemos que examinar un poco más de cerca la llamada ley de la fuerza electromotriz; y al hacerlo descubrimos que en este caso, como en los demás, las ideas tradicionales acerca del contacto no sólo no ofrecen una explicación de los fenómenos, sino que cierran directamente el paso a toda posible explicación.

Si colocamos en un elemento galvánico cualquiera formado por dos metales y un líquido, por ejemplo cinc, ácido clorhídrico diluido y cobre, un tercer metal, v gr. una placa de platino, sin enlazarla con el circuito externo por medio de un hilo conductor, la desviación inicial del galvanómetro será exactamente la misma que sin la placa de platino. Ello quiere decir que ésta no influye para nada en la excitación eléctrica. Sin embargo, en el lenguaje de los defensores de la fuerza electromotriz la cosa no podría expresarse de un modo tan sencillo. He aquí sus palabras

"La suma de las fuerzas electromotrices del cinc y el platino y del platino y el cobre viene a ocupar el puesto de la fuerza electromotriz del cinc y del cobre en el líquido. Y, como quiera que el camino de las electricidades no se ve sensiblemente modificado por la introducción de la placa de platino, podemos llegar, partiendo de la identidad entre las indicaciones del galvanómetro en uno y otro caso, a la conclusión de que la fuerza electromotriz del cobre y del cinc en el líquido es igual a la del cinc y el platino más la del platino y el cobre en el mismo líquido. Lo cual viene a corresponder a la teoría, sentada por Volta, de la excitación eléctrica entre los metales de por sí. Y su resultado, válido para todos los líquidos o metales, cualesquiera que ellos sean, se expresa diciendo que, en su excitación electromotriz por medio de los líquidos, los metales siguen la ley de la serie voltaica, ley que se enuncia también bajo el nombre de *ley de la fuerza electromotriz* (Wiedeinann, I, pág. 62).

Al decir que el platino, en esta combinación, no actúa en absoluto como excitador eléctrico, no se hace más que expresar un hecho puro y simple. Pero, cuando se afirma que funciona, sin embargo, como un excitador eléctrico, aunque actuando con igual intensidad en dos direcciones opuestas, con lo que el efecto se anula, se transforma dicho hecho en una hipótesis, simplemente para hacer honor a la "fuerza electromotriz". Y en ambos casos desempeña el platino el papel de testaferro.

En el momento en que se produce la primera desviación de la aguja del galvanómetro, aún no se ha cerrado el circuito. Mientras el ácido no se desintegra, no es conductor; sólo puede ser conductor por medio de los iones. Si el tercer metal no actúa sobre la primera desviación, se debe sencillamente a que todavía se halla *aislado.*

Ahora bien, ¿cómo se comporta el tercer metal, *después* de producirse la corriente continua y mientras dura ésta?

En la serie voltaica de los metales en la mayor parte de los líquidos, el cinc ocupa, después de los metales alcalinos, casi el lugar extremo positivo, el platino el negativo y el cobre figura entre

ambos. Por consiguiente, si, como se hacía más arriba, se coloca el platino entre el cobre y el cinc, veremos que es negativo con respecto a uno y a otro. Si el platino actuase en general, tendríamos que la corriente en el líquido debería ir del cinc y del cobre hacia el platino y, por tanto, abandonar los dos electrodos para llegar al platino aislado, lo que sería una *contradictio in adjecto*.[42] La condición fundamental para la eficacia de varios metales en la pila consiste precisamente que, al exterior, aparezcan unidos entre sí por un circuito cerrado. Un metal de más en la pila, aislado, actúa como no conductor; no puede engendrar iones ni dejarlos pasar, y sin iones no hay conducción en los electrólitos. Este metal no será, pues, solamente un testaferro, sino que será, incluso, un obstáculo, que obligará a los iones a esquivarlo, pasando de largo por delante de él.

Y lo mismo ocurrirá si unimos el cinc y el platino y colocamos en medio el cobre aislado: éste, suponiendo que actuase de algún modo, generaría aquí una corriente que iría del cinc al cobre y otra del cobre al platino; funcionaría, pues, como una especie de electrodo intermediario y, en su cara vuelta hacia el cinc, desprendería hidrógeno gaseoso, lo que es sencillamente imposible.

El caso se presentará, en cambio, bajo una forma extraordinaria- mente sencilla, si nos desembarazamos del modo tradicional de expresarse los defensores de la fuerza electromotriz. La pila galvánica es, como hemos visto, un dispositivo en el que la energía química se libera y se transforma en electricidad. Dicha pila está formada, generalmente, por uno o varios líquidos y por dos metales que actúan como electrodos y que deben aparecer unidos entre sí, fuera del líquido, por medio de un conductor. Basta con esto para crear el aparato. Todo lo que, además, podamos sumergir en el líquido excitador, fuera de todo enlace, ya sea vidrio, metal, resina u otra materia cualquiera, no puede participar del proceso químico-eléctrico que se opera en la pila, en la formación de la corriente, mientras no modifique químicamente el líquido; puede, cuando más, *entorpecer* el proceso. Por grande que sea la capacidad de excitación eléctrica de un tercer metal sumergido con respecto al líquido, a uno de los electrodos de la pila o incluso a los dos, no podrá ejercer acción alguna, mientras este metal no aparezca unido al circuito en el exterior del líquido.

Por consiguiente, no sólo es falsa *la deducción* que, como veíamos, hace Wiedemann de la ley de la fuerza electromotriz, sino que es erróneo, incluso, el sentido que atribuye a esta ley. No se puede hablar de una actividad electromotriz del metal aislado, actividad neutralizada, ya que de antemano se ha privado a esta actividad de la condición única en que habría podido ser eficiente, y

no es posible tampoco deducir la llamada ley de la fuerza electromotriz de un hecho que aparece fuera de su campo de acción.

El viejo Poggendorff publicó en 1845 una serie de experimentos en los que medía la fuerza electromotriz de las pilas más diversas, es decir, la cantidad de electricidad suministrada por cada una de ellas en una unidad de tiempo. Entre ellos, tienen especial valor los 27 primeros, en cada uno de los cuales tres determinados metales, sumergidos en el mismo líquido excitador, se agrupan sucesivamente de dos en dos para formar tres diferentes pilas, que Poggendorff estudia y compara desde el punto de vista de la cantidad de electricidad suministrada. Como buen defensor de la teoría del contacto, el autor de estos experimentos colocaba cada vez en la pila un tercer metal aislado, lo que le daba la satisfacción de convencerse de que este "tercer miembro de la alianza"[43] desempeñaba en las 81 pilas el papel de simple testaferro. Pero la importancia de dichos experimentos no reside, ni mucho menos, en esto, sino más bien en que permiten contrastar la llamada ley de la fuerza electromotriz y aquilatar su sentido exacto.

Atengámonos a la serie de las pilas de más arriba, en las que, en un medio de ácido clorhídrico diluido, se unen entre sí, cada vez de dos en dos, cinc, cobre y platino. Tomando como base la cantidad de electricidad suministrada por la pila de Daniell = 100, Poggendorff llega a los siguientes resultados:

Cinc-cobre	=	78,8
Cobre-platino	=	74,3
Total		153,1
Cinc-platino	=	153,7[44]

Así, pues, el cinc directamente asociado al platino suministraba casi exactamente la misma. cantidad de electricidad que el cinc-cobre + cobre-platino. Y lo mismo ocurría en cualquier otra pila en que se utilizaran líquidos y metales. Si se forman pilas por medio de metales sumergidos en el mismo líquido excitador, de tal modo que, según la serie voltaica válida para este líquido, el segundo, tercero, cuarto metal, etc., desempeñen uno después del otro el papel de electrodo negativo con respecto al anterior y de electrodo positivo en relación con el que le sigue, el total de las cantidades de electricidad suministradas por todas estas pilas será igual a la que suministre una pila formada asociando directamente los dos términos extremos de la serie íntegra de los metales. Así, por ejemplo, en ácido clorhídrico diluido, las cantidades de energía suministradas en total por las pilas cinc-estaño, estaño-hierro,

hierro-cobre, cobre-plata y plata-platino son iguales a la cantidad obtenida en la pila cinc-platino; la serie integrada por todos los elementos de la serie anterior se verá, en igualdad de circunstancias, exactamente neutralizada por una batería cinc-platino cuya corriente circulase en dirección contraria.

Así concebida, la llamada ley de la fuerza electromotriz adquiere una significación real y muy grande. Descubre un nuevo aspecto del nexo existente entre la acción química y la acción eléctrica. Hasta ahora, el estudio recaía principalmente sobre la fuente de energía de la corriente galvánica, y esta fuente, la transformación química, aparecía como el lado activo del proceso; la electricidad se engendraba partiendo de aquélla y se manifestaba primeramente como algo pasivo. Ahora, los términos del problema se invierten. La excitación eléctrica, determinada por la naturaleza de los cuerpos heterogéneos puestos en contacto en la pila, no puede añadir ni sustraer energía a la acción química (como no sea la transformación de la energía liberada en electricidad). Puede acelerar o amortiguar esta acción, según el dispositivo de la pila. Si la pila cinc-ácido clorhídrico diluido-cobre sólo suministra, en la misma unidad de tiempo, la mitad de corriente eléctrica que la pila cinc-ácido clorhídrico diluido-platino, esto quiere decir, hablando en términos químicos, que la primera pila no suministra, en la misma unidad de tiempo, más que la mitad del cloruro de cinc y del hidrógeno que la segunda. *Por tanto, aun permaneciendo invariables las condiciones puramente químicas, la acción química se ha duplicado.* La excitación eléctrica se ha convertido en el regulador de la acción química; se manifiesta, ahora, como el lado activo, al paso que la acción química asume un papel pasivo.

Así se explica, pues, que toda una serie de procesos que antes se consideraban como puramente químicos se presenten ahora como procesos electroquímicos. El cinc químicamente puro es atacado en débil proporción por el ácido diluido, cuando realmente lo es; en cambio, el cinc corriente que se encuentra en el comercio se desintegra muy rápidamente, formando una sal y desprendiendo hidrógeno; se contiene en él una mezcla de otros metales y de carbón, que se reparten desigualmente en diferentes puntos de la superficie. Entre estos metales y el mismo cinc se forman en el ácido corrientes locales, al paso que los lugares en que se halla el cinc constituyen los electrodos positivos, y los lugares en que aparecen los otros metales los electrodos negativos, sobre los que se desprenden pequeñas burbujas de hidrógeno. Y asimismo es considerado ahora como un fenómeno electroquímico el que hace que el hierro sumergido en una solución de sulfato de cobre se cubra

de una capa de este metal, pues se halla determinado por corrientes que nacen entre los puntos heterogéneos de la superficie del hierro.

De acuerdo con esto, nos encontramos también con que las series voltaicas de los metales en líquidos corresponden, a grandes rasgos, a las series según las cuales los metales se desplazan el uno al otro de sus combinaciones con los halógenos y los radicales ácidos. En el extremo negativo de las series voltaicas, vemos que los metales del grupo del oro: oro, platino, paladio y rodio, difícilmente oxidables, apenas son, normalmente, atacados por los ácidos o permanecen inalterables bajo éstos, siendo fácilmente desplazados de sus sales por otros metales. En el extremo positivo, nos encontramos con los metales alcalinos, que muestran un comportamiento diametralmente contrario: el mayor despliegue de energía apenas basta para desprenderlos de sus óxidos, en la naturaleza aparecen casi exclusivamente bajo la forma de sales y son, de todos los metales, los que presentan, con mucho, la mayor afinidad con los halógenos y los radicales ácidos. Entre unos y otros, los demás metales aparecen en sucesiones un tanto variables, pero de tal modo que, en su conjunto, concuerdan en ellos el comportamiento químico y el comportamiento eléctrico. Su orden de sucesión individual varía según los líquidos, y apenas si se halla definitivamente establecido con respecto a uno solo de éstos. Cabe, incluso, llegar a dudar que haya para un solo líquido semejante serie voltaica absoluta de los metales. Dos barras del mismo metal pueden, sumergidas en pilas y cubas electrolíticas apropiadas, servir cada una de electrodo positivo y electrodo negativo, lo cual quiere decir que un mismo metal puede ser tanto positivo como negativo en relación consigo mismo. En las pilas termoeléctricas que convierten el calor en electricidad, fuertes diferencias de temperatura en los dos puntos de contacto invierten el sentido de la corriente: un metal anteriormente positivo se trueca en negativo, y viceversa. Y no existe tampoco un orden absoluto con arreglo al cual los metales se desplacen el uno al otro de sus combinaciones químicas con un halógeno o un radical ácido determinados; mediante un suministro de energía en forma de calor podemos, en muchos casos, modificar e invertir casi a nuestro antojo el orden vigente bajo una temperatura usual.

Nos encontramos, pues, aquí con una peculiar acción mutua entre el quimismo y la electricidad. La acción química operada en la pila que suministra a la electricidad toda la energía necesaria para la formación de la corriente, aparece en muchos casos, por su parte, simplemente provocada y en todos los casos, sin excepción, cuantitativamente regulada por las tensiones eléctricas que en la pila se producen. Antes, los procesos operados en la pila aparecían ante nosotros como procesos químico-eléctricos, pero ahora vemos que

son también, en la misma medida, procesos electroquímicos. Desde el punto de vista de la formación de la corriente continua, la acción química se revelaba como el elemento primario; desde el punto de vista de la excitación para provocar la corriente, se muestra como algo secundario, accesorio. La acción mutua excluye todo elemento absolutamente primario o absolutamente secundario; esta acción es, asimismo, un proceso bilateral, que puede ser considerado, por su propia naturaleza, desde dos puntos de vista distintos; más aún, para comprenderla plenamente, debe ser estudiada sucesivamente desde los dos puntos de vista, antes de poder hacer la síntesis del resultado total. Si nos empeñamos en atenernos exclusivamente a un punto de vista, considerándolo como absoluto por oposición al otro, o si, respondiendo a las necesidades momentáneas del razonamiento, saltamos del uno al otro, permaneceremos cautivos de la estrechez del pensamiento materialista; no captaremos la concatenación y nos embrollaremos en una contradicción tras otra.

Más arriba hemos visto que, según Wiedemann, la desviación inicial de la aguja del galvanómetro que sigue inmediatamente a la inmersión de las placas excitadoras en el líquido de la pila y que antecede a toda modificación de la intensidad de la excitación eléctrica mediante transformaciones químicas es "la medida de la suma de las fuerzas electromotrices en el circuito cerrado".

Hasta aquí, la llamada fuerza electromotriz representaba, a nuestros ojos, una forma de la energía, que, en nuestro caso, era engendrada en cantidad equivalente partiendo de la energía química, para transformarse de nuevo, en seguida, en cantidades equivalentes de color, movimiento de masas, etc. Pues bien, ahora nos enteramos de pronto de que "la suma de las fuerzas electromotrices en el circuito cerrado existe ya antes de que las transformaciones químicas hayan liberado esta energía; dicho en otros términos, de que la fuerza electromotriz no es otra cosa que la capacidad que tiene determinada pila de liberar en una unidad de tiempo una determinada cantidad de energía química y transformarla en electricidad. Lo mismo que antes la fuerza eléctrica de disociación, la fuerza electromotriz se revela también, ahora, como una fuerza que no contiene ni la menor chispa de energía. Por "fuerza electromotriz" Wiedemann entiende, pues, dos cosas totalmente distintas: de una parte, la capacidad que tiene una pila de liberar una determinada cantidad de energía química dada y transformarla en movimiento eléctrico; de otra parte, la misma cantidad de movimiento eléctrico producido. El hecho de que ambas sean proporcionales entre sí, de que la una sirva de medida a la otra, no anula su diversidad. La acción química, operada en la pila, la

cantidad de electricidad producida y el calor que engendra en el circuito cerrado, caso de que no se produzca trabajo alguno, son algo más que proporcionales, son incluso equivalentes; pero esto no quita nada a su diversidad. La capacidad de una máquina de vapor de un diámetro de cilindro y una acción de émbolo dados, de producir una determinada cantidad de movimiento mecánico, partiendo del calor que se le suministra, es algo muy diferente de este mismo movimiento mecánico, por muy proporcional a él que sea. Y si semejante manera de expresarse podía tolerarse en una época en que aún no se hablaba en las ciencias naturales de conservación de la energía, es evidente que, una vez reconocida esta ley fundamental, ya no se puede confundir la energía real y viva, bajo cualquier forma que se presente; con la capacidad de cualquier aparato de imprimir a la energía liberada esta forma o la otra, la que sea. Esta confusión es una secuela de la confusión de fuerza y energía, con motivo de la fuerza eléctrica de disociación: en estas dos confusiones se resuelven armónicamente las tres explicaciones totalmente contradictorias que Wiedemann da de la corriente y de ellas nacen, en definitiva, todos los embrollos y extravíos en que este autor incurre a propósito de la llamada fuerza "electromotriz".

Además de la peculiar acción mutua entre quimismo y electricidad, a que nos hemos referido, media entre ambos otra característica común, que indica una afinidad todavía más íntima entre estas dos formas de movimiento. Ninguna de ellas puede existir más que *desapareciendo.* El proceso químico se opera bruscamente con respecto a cada uno de los grupos de átomos a que afecta. Sólo puede prolongarse gracias a la presencia de nuevos materiales, que constantemente van incorporándose. Y lo mismo ocurre con el movimiento eléctrico. Apenas se produce, partiendo de otra forma de movimiento, cuando se convierte en otra forma de movimiento, la tercera; solamente el suministro constante de energía disponible puede engendrar la corriente continua en la que, a cada momento, nuevas cantidades de movimiento cobran la forma de la electricidad, para perderla de nuevo.

La profunda comprensión de estos estrechos vínculos existentes entre la acción química y la acción eléctrica, y viceversa, habrá de dar grandes frutos en los dos campos de la investigación. Y esta comprensión va generalizándose cada vez más. Entre los químicos, Lothar Meyer y, después de él, Kekulé han declarado expresamente que era inminente la restauración de la teoría electroquímica, bajo una forma rejuvenecida. Incluso entre los especialistas en electricidad parece que habrá de triunfar, por fin, como lo indican especialmente los trabajos de F. Kohlrausch, la convicción de que solamente tomando en consideración de un modo preciso los procesos químicos operados en la pila y en la cuba

electrolítica se ayudará a su ciencia a salir del atolladero de las viejas tradiciones.

Y, en realidad, no se ve de qué modo puedan encontrar una base sólida la teoría del galvanismo y, con ella y en segundo término, la del magnetismo, y la de la electricidad estática, como no sea por medio de una revisión general, químicamente exacta, de todos los experimentos tradicionales y no contrastados, que se venían haciendo desde un punto de vista superado, a condición de observar y comprobar cuidadosamente las transformaciones de energía y de dar provisionalmente de lado a todas las ideas teóricas tradicionales acerca de la electricidad.

EL PAPEL DEL TRABAJO EN EL PROCESO DE TRANSFORMACION DEL MONO EN HOMBRE [1]

El trabajo es, dicen los economistas, la fuente de toda riqueza. Y le es, en efecto, a la par con la naturaleza, que se encarga de suministrarle la materia destinada a ser convertida en riqueza por el trabajo. Pero es infinitamente más que eso. El trabajo es la primera condición fundamental de toda la vida humana, hasta tal punto que, en cierto sentido, deberíamos afirmar que el hombre mismo ha sido creado por obra del trabajo.

Hace varios cientos de miles de años, en una fase que aún no puede determinarse con certeza de aquel período de la tierra a que los geólogos dan el nombre de período terciario, presumiblemente hacia el final de él, vivió en alguna parte de la zona cálida de nuestro planeta -problablemente, en un gran continente, ahora sepultado en el fondo del océano Indico- un género de monos antropoides muy altamente desarrollados. Darwin nos ha trazado una descripción aproximada de estos antepasados nuestros. Eran seres cubiertos de pelambre, con barba y orejas puntiagudas, que vivían en hordas, trepados a los árboles.

Estos monos, obligados probablemente al principio por su género de vida, que, al trepar, asignaba a las manos distinta función que a los pies, fueron perdiendo, al encontrarse sobre el suelo, la costumbre de servirse de las extremidades superiores para andar y marchando en posición cada vez más erecta. Se había dado, con ello, *el paso decisivo para la transformación del mono en hombre.*

Todos los monos antropoídes que hoy conocemos pueden mantenerse erectos y desplazarse pisando exclusivamente sobre los dos pies. Pero siempre en caso de extrema necesidad y del modo más torpe. Su manera natural de andar es la posición semierecta, utilizando también las manos. La mayoría de ellos apoyan sobre el suelo los nudillos de la mano, haciendo oscilar el cuerpo con las piernas encorvadas entre los largos brazos, como el tullido que camina sobre muletas. En términos generales, todavía hoy podemos observar entre los monos todas las fases de transición que van desde la locomoción a cuatro patas hasta la marcha sobre los dos pies. Pero en ninguno de ellos es esta última manera de andar más que un recurso utilizado en casos de extrema necesidad.

Para que la marcha erecta, en nuestros peludos antepasados, se convirtiera primeramente en regla y, andando el tiempo, en necesidad, hubieron de asignarse a las manos, entre tanto, funciones cada vez más amplias. También entre los monos se impone ya una cierta división en cuanto al empleo de la mano y el pie. Ya hemos dicho que la primera funciona, al trepar, de distinto modo que el segundo. La mano sirve, preferentemente, para arrancar y agarrar el alimento, función para lo cual ya los mamíferos inferiores se sirven de las patas delanteras. Con ayuda de la mano construyen algunos monos nidos en los árboles e incluso, como el chimpancé, techos entre las ramas para guarecerse de la lluvia. Con ella empuñan el garrote para defenderse contra los enemigos o bombardean a éstos con frutos y piedras. Y de ella se sirven, cuando el hombre los aprisiona, para ejecutar una serie de operaciones simples, aprendidas de él. Pero precisamente al llegar aquí se ve cuán grande es la distancia que media entre la mano incipiente del mono más semejante al hombre y la mano humana, altamente desarrollada gracias al trabajo ejecutado a lo largo de miles de siglos. El número y la disposición general de los huesos y los músculos son sobre poco más o menos los mismos en una y otra; pero la mano del salvaje más rudimentario puede ejecutar cientos de operaciones que a la mano de un mono le está vedado imitar. Ninguna mano de simio ha producido jamás ni la más tosca herramienta.

Por eso tuvieron que ser, por fuerza, muy primitivas las operaciones a que nuestros antepasados fueron adaptando poco a poco su mano, a lo largo de muchos milenios, en el tránsito del mono al hombre. Los salvajes de nivel más bajo, incluso aquellos de quienes puede suponerse que se hallaban expuestos a recaer en un estado más bien animal, con una simultánea reincidencia en su contextura física, se hallan a pesar de todo muy por encima de aquellos seres de transición. Hasta que la mano del hombre logró tallar en forma de cuchillo el primer guijarro tuvo que pasar una inmensidad de tiempo, junto a la cual resulta insignificante el tiempo que históricamente nos es conocido. Pero el paso decisivo se había dado ya: *se había liberado la mano,* quedando en condiciones de ir adquiriendo nuevas y nuevas aptitudes, y la mayor flexibilidad lograda de este modo fue transmitiéndose y aumentando de generación en generación.

Así, pues, la mano no es solamente el órgano del trabajo, sino que *es también el producto de éste.* Solamente gracias al trabajo, a la adaptación a nuevas y nuevas operaciones, a la transmisión por herencia del desarrollo así adquirido por los músculos, los tendones y a la larga también de los huesos y a la aplicación constantemente

renovada de este afinamiento hereditariamente adquirido a nuevas operaciones cada vez más complicadas, ha adquirido la mano del hombre ese alto grado de perfeccionamiento capaz de crear portentos como los cuadros de Rafael, las estatuas de Thorwaldsen o la música de Paganini.

Pero la mano no trabajaba sola. Era simplemente el miembro individual de un gran organismo armónico, sumamente complicado. Y lo que benefició a la mano redundó también en beneficio de todo el cuerpo al servicio del cual laboraba la mano; y redundó en beneficio suyo en dos sentidos.

Primeramente, en virtud de la ley de la correlación del crecimiento, como Darwin la ha llamado. Con arreglo a esta ley, determinadas formas de algunas partes de un ser orgánico se hallan siempre vinculadas a ciertas formas de otras partes, que aparentemente no guardan relación alguna con aquéllas. Así, por ejemplo, todos los animales dotados de glóbulos rojos sin núcleo celular y cuyo occipucio se halla unido con la primera vértebra de la columna vertebral Por medio de dos articulaciones (cóndilos) poseen también, sin excepción, glándulas lácteas para amamantar a las crías. Y así también vemos que, en los mamíferos la pezuña va unida, por lo general, al estómago multilocular para poder seguir rumiando los alimentos. Los cambios operados en cuanto a determinadas formas llevan aparejados cambios de forma de otras partes del cuerpo, sin que podamos explicarnos la conexión entre ellos. Los gatos completamente blancos y de ojos azules son siempre o casi siempre sordos. El gradual afinamiento de la mano del hombre y, en consonancia con él, el desarrollo del pie para la marcha erecta repercutieron también, indudablemente, en virtud de la correlación de que hemos hablado, sobre otras partes del organismo. Sin embargo, esta influencia ha sido todavía muy poco estudiada para que aquí podamos hacer otra cosa que ponerla de manifiesto en términos muy generales.

Mucho más importante es la repercusión directa y comprobable que el desarrollo de la mano ha ejercido sobre el resto del organismo. Como ya hemos dicho, nuestros antepasados simios eran seres sociables; sería de todo punto imposible, evidentemente, que el hombre, el más sociable de todos los animales, descendiera de un inmediato antepasado no sociable. Con cada nuevo progreso logrado, su dominio sobre la naturaleza, iniciado con el desarrollo de la mano, fue ampliando el horizonte visual del hombre. Este descubrió en los objetos naturales nuevas y nuevas propiedades, que hasta entonces desconocía. Y, de otra parte, el desarrollo del trabajo contribuyó necesariamente a acercar más entre sí a los miembros de la sociedad, multiplicando los casos de ayuda mutua y de acción en común y esclareciendo ante cada uno la conciencia de la utilidad

de esta cooperación. En una palabra, los hombres en proceso de formación acabaron comprendiendo que *tenían algo que decirse* los unos a los otros. Y la necesidad se creó su órgano correspondiente: la laringe no desarrollada del mono fue transformándose lentamente, pero de un modo seguro, mediante la modulación, hasta adquirir la capacidad de emitir sonidos cada vez más modulados, y los órganos de la boca aprendieron poco a poco a articular una letra tras otra.

Que esta explicación del nacimiento del lenguaje a base del trabajo y paralelamente con él es la única acertada lo demuestra la comparación con los animales. Lo único que éstos, incluso los más desarrollados, tienen que comunicarse los unos a los otros se lo pueden comunicar también sin necesidad de lenguaje articulado. Ningún animal, en estado de naturaleza, siente como un defecto el no poder hablar o entender el lenguaje del hombre. Pero la cosa cambia cuando se trata de animales domesticados. El perro y el caballo poseen, gracias al trato con el hombre, un oído tan fino para el lenguaje articulado, que fácilmente aprenden a captar lo que se les dice, en la medida en que se lo permite su radio de representaciones. Se asimilan, además, la capacidad de sensaciones tales como el apego al hombre, la gratitud, etc., que antes les eran totalmente ajenas, y quien haya tenido ocasión de vivir mucho tiempo cerca de estos animales difícilmente se sustraerá a la convicción de que, en muchos, en muchísimos casos sienten *ahora* como un defecto la imposibilidad de hablar, defecto al que, desgraciadamente, no cabe poner remedio por la estructura de sus órganos bucales, demasiado especializados en una determinada dirección. Pero, allí donde existe el órgano, desaparece también, dentro de ciertos límites, esta incapacidad. No cabe duda de que los órganos bucales de los pájaros son lo más distintos que imaginarse pueda de los humanos y, sin embargo, los pájaros son, seguramente, los únicos animales que aprenden a hablar, y el que mejor habla de todos es el papagayo, que se distingue por tener más horrible el timbre de voz. Y no se nos diga que no entiende lo que habla. Es cierto que puede pasarse horas enteras repitiendo parleramente todo su caudal de palabras por puro gusto de charlotear y porque le agrada la compañía del hombre. Pero, hasta donde llega su círculo de representaciones, no cabe duda de que aprende también a saber lo que dice. Tomemos a un papagayo y enseñémosle una sarta de insultos, haciendo que pueda llegar a representarse lo que significan (entretenimiento favorito de los marineros que vuelven del trópico); mortifiquémosle, y enseguida veremos que sabe emplear sus dicterios con tanta propiedad como una verdulera de Berlín. Y lo mismo cuando se trata de suplicar para que le den golosinas.

El trabajo, en primer lugar, y después de él y enseguida a la par con él el lenguaje son los dos incentivos más importantes bajo cuya influencia se ha transformado paulatinamente el cerebro del mono en el cerebro del hombre, que, aun siendo semejante a él, es mucho mayor y más perfecto. Y, al desarrollarse el cerebro, se desarrollaron también, paralelamente, sus instrumentos inmediatos, los órganos de los sentidos. A la manera como el lenguaje, en su gradual desarrollo, va necesariamente acompañado por el correspondiente perfeccionamiento del órgano del oído, así también el desarrollo del cerebro en general lleva aparejado el de todos los sentidos. El águila ve mucho más lejos que el hombre, pero el ojo humano descubre mucho más en las cosas que el ojo del águila. El perro tiene un olfato más fino que el hombre, pero no distingue ni la centésima parte de los olores que acusan para éste determinadas características de diferentes cosas. Y el sentido del tacto, que en el mono apenas se da en sus inicios más toscos, sólo se desarrolla al desarrollarse la misma mano del hombre, por medio del trabajo.

Al repercutir sobre el trabajo y el lenguaje el desarrollo del cerebro y de los sentidos puestos a su servicio, la conciencia más y más esclarecida, la capacidad de abstracción y de deducción, sirven de nuevos y nuevos incentivos para que ambos sigan desarrollándose, en un proceso que no termina, ni mucho menos, en el momento en que el hombre se separa definitivamente del mono, sino que desde entonces difiere en cuanto al grado y a la dirección según los diferentes pueblos y las diferentes épocas, que a veces se interrumpe, incluso, con retrocesos locales y temporales, pero que, visto en su conjunto, ha avanzado en formidables proporciones; poderosamente impulsado, de una parte, y de otra encauzado en una dirección más definida por obra de un elemento que viene a sumarse a los anteriores, al aparecer el hombre ya acabado: *la sociedad.*

Cientos de miles de años -que en la historia de la tierra no representan más que un minuto en la vida del hombre*- hubieron de transcurrir, seguramente, antes de que la horda de monos trepadores se convirtiera en una sociedad de hombres. Pero, a la postre, la sociedad de los hombres surgió. ¿Y con qué volvemos a encontrarnos como la diferencia característica entre la horda de monos y la sociedad humana? *Con el trabajo.* La horda animal se

*Una autoridad de primer rango en estas cuestiones, Sir W. Thomson, ha calculado que *no* han podido transcurrir *mucho más de cien millones de años* desde el tiempo en que la tierra se enfrió lo bastante para que pudieran vivir en ella las plantas y los animales. [*Nota de Engels*.]

limitaba a pastar en la zona alimenticia que le había sido asignada por la situación geográfica o por la resistencia de otras hordas colindantes; emprendía expediciones y luchas para extender sus dominios a otras zonas nutricias, pero era incapaz de sacar de su territorio más de lo que la naturaleza le brindaba, fuera del hecho de que, sin saberlo, lo abonaba con sus excrementos. Una vez ocupados en su totalidad los posibles territorios, fuente de alimentación, ya no era posible que la población simia aumentara; a lo sumo, el número de animales permanecía estacionario. Pero todos los animales despilfarran extraordinariamente el alimento y, además, matan en germen los nuevos brotes del alimento futuro. El lobo no deja viva, como el cazador, la cierva llamada a suministrarle el cervatillo del año venidero; las cabras de Grecia, que roen la maleza naciente antes de dejarla crecer, han dejado pelados todos los montes del país. Este "desfalco" llevado a cabo por los animales desempeña importante papel, dada la gradual transformación de las especies, al obligarlas a adaptarse a una alimentación que no es la acostumbrada, lo que hace que su sangre cambie de composición química y que toda su constitución física varíe poco a poco, extinguiéndose las especies ya plasmadas. No cabe duda de que este régimen de desfalco de los medios alimenticios contribuyó poderosamente a convertir al mono en hombre. En una raza de monos, cuya inteligencia y capacidad de adaptación aventajaba en mucho a todas las demás, no pudo por menos de conducir a que fuese extendiéndose cada vez más el número de las plantas alimenticias y a que se utilizaran cada vez más partes comestibles de ellas; en una palabra, a que la alimentación se hiciese más variada, aumentando de ese modo las sustancias asimiladas por el cuerpo y haciendo progresos las condiciones químicas para la transformación del mono en hombre.

Pero, en realidad, todo lo anterior no entra aún en la categoría trabajo. El trabajo comienza con la elaboración de herramientas. ¿Y cuáles son las primeras herramientas que se conocen, juzgando a base de los vestigios del hombre prehistórico que se han encontrado y teniendo en cuenta tanto el régimen de vida de los pueblos históricos más remotos como el de los salvajes más rezagados de nuestros propios días? Son las herramientas empleadas en la caza y en la pesca, las primeras de las cuales representan, además, armas. Pues bien, la caza y la pesca presuponen ya el paso de la alimentación puramente vegetal a un régimen alimenticio en el que entra ya la carne, lo que constituye, a su vez, un paso muy importante hacia la aparición del hombre. Este tipo de alimentación suministraba ya en forma casi completa las materias más esenciales que el organismo necesita para su metabolismo; abreviaba, con la

digestión, el lapso de tiempo de los demás procesos vegetativos del cuerpo correspondientes a la vida vegetal, con lo que ganaba tiempo y sustancia y experimentaba mayor goce en las manifestaciones de la vida propiamente animal. A medida que el hombre en formación iba alejándose de la planta se remontaba también más y más sobre el animal. Así como la habituación al alimento vegetal combinado con la carne convierte a los gatos y perros salvajes en servidores del hombre, la adaptación al régimen alimenticio a base de carne, combinado con la alimentación vegetal, contribuyó esencialmente a elevar la fuerza física y la independencia del futuro hombre. Pero en lo que más influyó el régimen carnívoro fue en el desarrollo del cerebro, que ahora contaba con las sustancias nutricias necesarias en abundancia, mucho mayor que antes, razón por la cual pudo desarrollarse, a partir de ahora, mucho más rápidamente y de un modo más perfecto, de generación en generación. Dicho sea con perdón de los señores vegetarianos, la aparición del hombre es inseparable de la alimentación carnívora, y el hecho de que en todos los pueblos de que tenemos noticia este régimen de alimentación condujese en ciertas épocas a la antropofagia (todavía en el siglo X, los antepasados de los berlineses, los veletabos y los viltses, se comían a sus progenitores) es cosa que hoy debe tenernos sin cuidado.

El empleo de la carne para la alimentación trajo consigo dos nuevos progresos de una importancia decisiva: la utilización del fuego y la domesticación de los animales. La primera acortó todavía más el proceso de la digestión, al ingerirse los alimentos ya digeridos a medias por decirlo así; la segunda hizo más rica la alimentación carnívora, al proporcionar, además de la caza, un nueva fuente de suministro más regular, suministrando además, con la leche y los productos derivados de ella, un nuevo medio alimenticio de valor igual al de la carne, por lo menos, en cuanto a su combinación de sustancias. Uno y otro paso fueron, por tanto, directamente, nuevos medios de emancipación para el hombre. No podemos entrar a examinar aquí en detalle sus resultados indirectos, pues nos alejaría demasiado de nuestro tema, aunque hay que señalar que también ellos contribuyeron en gran medida al desarrollo del hombre y de la sociedad.

El hombre se acostumbró a comer de todo y fue adaptándose, asimismo, a todos los climas. Se extendió por toda la tierra habitable, siendo como era, en realidad, el único animal que llevaba en sí mismo la plena capacidad para ello. Los demás animales que se han adaptado a todos los climas, animales domésticos e insectos, no lo han hecho por sí mismos, sino siguiendo al hombre. Y el paso

del uniforme clima cálido de la patria de origen a las regiones frías, en las que el año se dividía en invierno y verano, creó a su vez nuevas necesidades, como las del abrigo y la vivienda para protegerse del frío y la humedad, abrió nuevos campos de trabajo y trajo con ello nuevas actividades, que hicieron que el hombre fuese alejándose más y más del animal.

Mediante la combinación de la mano, los órganos lingüísticos y el cerebro, y no sólo en el individuo aislado, sino en la sociedad, se hallaron los hombres capacitados para realizar operaciones cada vez más complicadas, para plantearse y alcanzar metas cada vez más altas. De generación en generación, el trabajo mismo fue cambiando, haciéndose más perfecto y más multiforme. A la caza y la ganadería se unió la agricultura y tras ésta vinieron las artes del hilado y el tejido, la elaboración de los metales, la alfarería, la navegación. Junto al comercio y los oficios aparecieron, por último, el arte y la ciencia, y las tribus se convirtieron en naciones y estados. Se desarrollaron el derecho y la política y, con ellos, el reflejo fantástico de las cosas humanas en la cabeza del hombre: la religión. Ante estas creaciones, que empezaron presentándose como productos de la cabeza y que parecían dominar las sociedades humanas, fueron pasando a segundo plano los productos más modestos de la mano trabajadora, tanto más cuanto que la cabeza encargada de planear el trabajo pudo, ya en una fase muy temprana de desarrollo de la sociedad (por ejemplo, ya en el seno de la simple familia), hacer que el trabajo planeado fuese ejecutado por otras manos que las suyas. Todos los méritos del rápido progreso de la civilización se atribuyeron a la cabeza, al desarrollo y a la actividad del cerebro; los hombres se acostumbraron a explicar sus actos por sus pensamientos en vez de explicárselos partiendo de sus necesidades (las cuales, ciertamente, se reflejan en la cabeza, se revelan a la conciencia), y así fue como surgió, con el tiempo, aquella concepción idealista del mundo que se ha adueñado de las mentes, sobre todo desde la caída del mundo antiguo. Y hasta tal punto sigue dominándolas todavía, hoy, que incluso los investigadores materialistas de la naturaleza de la escuela de Darwin no aciertan a formarse una idea clara acerca del origen del hombre porque, ofuscados por aquella influencia ideológica, no alcanzan a ver el papel que en su nacimiento desempeñó el trabajo.

Los animales, como ya hemos apuntado, hacen cambiar con su acción la naturaleza exterior, lo mismo que el hombre, aunque no en igual medida que él, y estos cambios del medio así provocados repercuten, a su vez, como hemos visto, sobre sus autores. Nada, en la naturaleza, ocurre de un modo aislado. Cada cosa repercute en la otra, y a la inversa, y lo que muchas veces impide a nuestros

naturalistas ver claro en los procesos más simples es precisamente el no tomar en consideración este movimiento y esta interdependencia universales. Ya veíamos cómo las cabras impidieron que el suelo de Grecia volviera a cubrirse de bosques; en Santa Elena, las cabras y los cerdos desembarcados por los primeros navegantes que arribaron a sus costas, lograron acabar casi por completo con la vieja vegetación de la isla, preparando con ello el terreno sobre el que más tarde pudieron crecer las plantas llevadas allí por los marinos y los colonos. Pero, aunque los animales ejerzan una influencia duradera sobre el medio, lo hacen sin proponérselo y el resultado conseguido es siempre fortuito, para los propios animales. En cambio, la influencia del hombre sobre la naturaleza, cuanto más va alejándose del animal, adquiere más y más el carácter de una acción sujeta a un plan y con la que se persiguen determinados fines, conocidos de antemano. El animal destruye la vegetación de una faja de tierra sin saber lo que hace. El hombre deja la tierra pelada para sembrar en ella hortalizas o plantar árboles o viñas, a sabiendas de que le reportarán muchas veces lo que ha sembrado. Desplaza de un país a otro las plantas útiles y los animales domésticos, haciendo cambiar con ello la flora y la fauna de continentes enteros. Más aún. Mediante la cría o el cultivo artificiales, plantas y animales cambian de tal modo bajo la mano del hombre que no hay quien los reconozca. Todavía se están buscando sin encontrarlas las plantas silvestres de que proceden nuestras especies cereales. Y sigue discutiéndose de qué animal salvaje descienden nuestros perros, tan diferentes entre sí, o nuestras no menos numerosas razas de caballos.

De suyo se comprende, por lo demás, que no se nos pasa por las mientes negar a los animales la capacidad de actos sujetos a un plan, premeditados. Al contrario. El modo de obrar planificado se da ya en germen dondequiera que el protoplasma, o sea la albúmina viva, existe y reacciona, o, lo que es lo mismo, realiza movimientos por muy simples que ellos sean, como resultado de determinados estímulos del exterior. Esta reacción se produce sin necesidad de que exista célula alguna ni, mucho menos, una célula nerviosa. Asimismo se revela en cierto sentido como sujeta a un plan, aunque carente en absoluto de conciencia, la manera de comportarse las plantas insectívoras al atrapar a sus víctimas. En los animales, la capacidad de realizar actos conscientes y sujetos a un plan se desarrolló en proporción al desarrollo del sistema nervioso y alcanza ya un alto nivel entre los mamíferos. En las batidas inglesas para la caza del zorro se puede observar diariamente con qué exactitud sabe este animal utilizar su gran conocimiento topográfico para escapar de sus perseguidores y lo bien que conoce y aprovecha

todas las ventajas del terreno para hacer que se borre su rastro. Y en los animales domésticos, altamente desarrollados gracias a su trato con el hombre, podemos observar todos los días rasgos de astucia que en nada se distinguen de las travesuras de nuestros niños. Pues así como la historia evolutiva del feto humano en el claustro materno no es más que la repetición abreviada de la historia evolutiva del organismo de nuestros antepasados animales a lo largo de millones de años, arrancando desde el gusano, así también la evolución espiritual del niño humano es simplemente una repetición, aunque en miniatura, de la evolución intelectual de aquellos mismos antepasados, por lo menos de los más recientes. Sin embargo, la acción planificada de todos los animales, en su conjunto, no ha logrado estampar sobre la tierra el sello de su voluntad. Para ello, tuvo que venir el hombre.

En una palabra, el animal utiliza la naturaleza exterior e introduce cambios en ella pura y simplemente con su presencia, mientras que el hombre, mediante sus cambios, la hace servir a sus fines, la *domina.* Es esta la suprema y esencial diferencia entre el hombre y los demás animales; diferencia debida también al trabajo.*

No debemos, sin embargo, lisonjearnos demasiado de nuestras victorias humanas sobre la naturaleza. Esta se venga de nosotros por cada una de las derrotas que le inferimos. Es cierto que todas ellas se traducen principalmente en los resultados previstos y calculados, pero acarrean, además, otros imprevistos, con los que no contábamos y que, no pocas veces, contrarrestan los primeros. Quienes desmontaron los bosques de Mesopotamia, Grecia, el Asia Menor y otras regiones para obtener tierras roturables no soñaban con que, al hacerlo, echaban las bases para el estado de desolación en que actualmente se hallan dichos países, ya que, al talar los bosques, acababan con los centros de condensación y almacenamiento de la humedad. Los italianos de los Alpes que destrozaron en la vertiente meridional los bosques de pinos tan bien cuidados en la vertiente septentrional no sospechaban que, con ello, mataban de raíz la industria lechera en sus valles, y aún menos podían sospechar que, al proceder así, privaban a sus arroyos de montaña de agua durante la mayor parte del año, para que en la época de lluvias se precipitasen sobre la llanura convertidos en turbulentos ríos. Los introductores de la patata en Europa no podían saber que, con el tubérculo farináceo, propagaban también la enfermedad de la escrofulosis. Y, de la misma o parecida manera,

* *Al margen del manuscrito aparece escrita a lápiz la palabra* ennoblecimiento. *N. del ed.*

todo nos recuerda a cada paso que el hombre no domina, ni mucho menos, la naturaleza a la manera como un conquistador domina un pueblo extranjero, es decir, como alguien que es ajeno a la naturaleza, sino que formamos parte de ella con nuestra carne, nuestra sangre y nuestro cerebro, que nos hallamos en medio de ella y que todo nuestro dominio sobre la naturaleza y la ventaja que en esto llevamos a las demás criaturas consiste en la posibilidad de llegar a conocer sus leyes y de saber aplicarlas acertadamente.

No cabe duda de que cada día que pasa conocemos mejor las leyes de la naturaleza y estamos en condiciones de prever las repercusiones próximas y remotas de nuestras ingerencias en su marcha normal. Sobre todo desde los formidables progresos conseguidos por las ciencias naturales durante el siglo actual, vamos aprendiendo a conocer de antemano, en medida cada vez mayor, y por tanto a dominarlas, hasta las lejanas repercusiones naturales, por lo menos, de nuestros actos más habituales de producción. Y cuanto más ocurra esto, más volverán los hombres, no solamente a sentirse, sino a saberse parte integrante de la naturaleza y más imposible se nos revelará esa absurda y antinatural representación de un antagonismo entre el espíritu y la materia, el hombre y la naturaleza, el alma y el cuerpo, como la que se apoderó de Europa a la caída de la antigüedad clásica, llegando a su apogeo bajo el cristianismo.

Ahora bien, si ha hecho falta el trabajo de siglos hasta que hemos aprendido, en cierto modo, a calcular las consecuencias *naturales* remotas de nuestros actos encaminados a la producción, la cosa era todavía mucho más difícil en lo que se refiere a las consecuencias *sociales* de estos mismos actos. Hemos hablado de las patatas y de la propagación de la escrofulosis, como una secuela de ellas. Pero, ¿qué es la escrofulosis, comparada con las consecuencias que ha acarreado para la situación de vida de las masas del pueblo de países enteros la reducción de los obreros a una alimentación a base de ese tubérculo, comparada con la epidemia de hambre que en 1847 asoló a Irlanda a consecuencia de la enfermedad de las patatas, sepultando bajo tierra a un millón de irlandeses que apenas comían otra cosa y arrojando a dos millones al otro lado del mar? Cuando los árabes aprendieron a destilar el alcohol no pensaban ni en sueños que habían creado con ello una de las principales armas con que se aniquilaría a los indígenas de la América entonces aún no descubierta. Y cuando Colón, andando el tiempo, descubrió América, no sabía que con ello hacía resucitar la esclavitud, en Europa superada ya de largo tiempo atrás, y sentaba las bases para la trata de negros. Ni a los hombres que en los siglos

XVI y XVII trabajaban por crear la máquina de vapor se les podía pasar por las mientes que estaban preparando el instrumento que más que ningún otro habría de revolucionar el orden social del mundo entero y que en Europa sobre todo, mediante la concentración de la riqueza en manos de la minoría y de la miseria del lado de la inmensa mayoría, empezaría entregando a la burguesía el poder social y político y provocaría luego entre la burguesía y el proletariado una lucha de clases que sólo terminará con el derrocamiento de la burguesía y la abolición de los antagonismos de clase. Pero también en este terreno una larga y a veces dura experiencia y el acopio y la investigación de material histórico nos va enseñando, poco a poco, a ver claro acerca de las consecuencias sociales indirectas y lejanas de nuestra actividad productiva, lo que nos permite, al mismo tiempo, dominarlas y regularlas.

Ahora bien, para lograr esta regulación no basta con el mero conocimiento. Hace falta, además, transformar totalmente el régimen de producción vigente hasta ahora y, con él, todo nuestro orden social presente.

Todos los sistemas de producción conocidos hasta ahora no tenían otra mira que el sacarle un rendimiento directo e inmediato al trabajo. Se hacía caso omiso de todos los demás efectos, revelados solamente más tarde, mediante la repetición y acumulación graduales de los mismos fenómenos. La propiedad común originaria sobre la tierra respondía, de una parte, a un estado de desarrollo del hombre en el que su horizonte visual se reducía a lo estrictamente necesario para el día y, de otra parte, presuponía un cierto remanente de tierras disponibles, que brindaba algún margen de maniobra frente a las desastrosas consecuencias eventuales de aquella economía primitiva de tipo selvático. Agotado el remanente de tierras, se derrumbó la propiedad en común. Todas las formas superiores de producción se tradujeron en la división de la población en clases y, con ello, en el antagonismo entre clases dominantes y oprimidas; y esto hizo que el interés de la clase dominante pasara a ser el resorte propulsor de la producción, en la medida en que ésta no se limitaba estrictamente a proporcionar el sustento a los oprimidos. Los capitalistas individuales, en cuyas manos se hallan los resortes de mando sobre la producción y el cambio, sólo pueden preocuparse de una cosa: de la utilidad más directa que sus actos les reporten. Más aún, incluso esta utilidad -cuando se trata de la que rinde el artículo producido o cambiado- queda completamente relegada a segundo plano, pues el único incentivo es la ganancia que de su venta pueda obtenerse.

La ciencia social de la burguesía, la economía política clásica, sólo se ocupaba, preferentemente, de las consecuencias sociales directas perseguidas por los actos humanos encaminados a la producción y al cambio. Lo cual corresponde por entero al tipo de organización social de que esa ciencia es expresión teórica. Allí donde la producción y el cambio corren a cargo de capitalistas individuales que no persiguen más fin que la ganancia inmediata, es natural que sólo se tomen en consideración los resultados inmediatos y directos. El fabricante o el comerciante de que se trata se da por satisfecho con vender la mercancía fabricada o comprada con el margen de ganancia usual, sin que le preocupe en lo más mínimo lo que mañana pueda suceder con la mercancía o con su comprador. Y lo mismo sucede con las consecuencias naturales de estos actos. A los plantadores españoles de Cuba, que pegaron fuego a los bosques de las laderas de sus comarcas y a quienes las cenizas sirvieron de magnífico abono para una generación de cafetos altamente rentables, les tenía sin cuidado el que, andando el tiempo, los aguaceros tropicales arrastrasen el mantillo de la tierra, ahora falto de toda protección, dejando la roca pelada. Lo mismo frente a la naturaleza que frente a la sociedad, sólo interesa de un modo predominante, en el régimen de producción actual, el efecto inmediato y el más tangible; y, encima, todavía produce extrañeza el que las repercusiones más lejanas de los actos dirigidos a conseguir ese efecto inmediato sean muy otras y, en la mayor parte de los casos, completamente opuestas: el que la armonía de la oferta y la demanda se trueque en su reverso, como lo demuestra el curso de todo el ciclo industrial cada diez años, de lo que también Alemania ha tenido una pequeña muestra con el "crac";[2] el que la propiedad privada basada en el trabajo propio se desarrolle necesariamente hasta convertirse en la carencia de propiedad de los obreros, mientras toda posesión se concentra más y más en manos de los que no trabajan; el que [...][3]

[NOTAS Y FRAGMENTOS]

[DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA]

Estudiar *el desarrollo sucesivo* de las distintas ramas de la ciencia de la naturaleza. -Primeramente, la *astronomía*, cuyo conocimiento era ya absolutamente necesario para los pueblos pastores y agricultores, aunque sólo fuese por el cambio de las estaciones. La astronomía sólo puede desarrollarse con ayuda de la *matemática.* Por tanto, hubo que abordar también ésta-. Enseguida, al llegar a una cierta fase de la agricultura, en ciertas regiones (elevación del agua para el riego, en Egipto), y sobre todo con la aparición de las ciudades, con las grandes construcciones y con el desarrollo de la industria, la *mecánica,* que pronto se hace necesaria igualmente para la *navegación* y la *guerra.* También ella necesita de la ayuda de la matemática e impulsa, así, su desarrollo. Vemos, pues, que ya desde el primer momento se hallaron el nacimiento y el desarrollo de las ciencias condicionados por la producción.

Durante la antigüedad, la investigación científica, en el sentido estricto de la palabra, quedó limitada a estos tres campos, y, además, como investigación exacta y sistemática, solamente en el período postclásico (los alejandrinos, Arquímedes, etc.). En materia de física y química, que apenas si se separaban todavía en las cabezas de las gentes de aquel tiempo (teoría de los elementos, ausencia de toda idea del elemento químico), de botánica, zoología, anatomía humana y animal, no podía hacerse, por entonces, otra cosa que coleccionar hechos y ordenarlos del modo más sistemático posible. La fisiología, en cuanto se alejaba de los fenómenos más tangibles -tales como, por ejemplo, la digestión y la excreción-, procedía por tanteos, como necesariamente tenía que suceder, mientras no se llegase a conocer siquiera la circulación. Al final de este período, aparece la química bajo la forma de la alquimia.

Y cuando, tras la tenebrosa noche de la Edad Media, renacen de pronto las ciencias, con fuerza insospechada y con la celeridad del milagro, es una vez más la producción la que lo provoca. En primer lugar, desde las Cruzadas se había desarrollado en enormes proporciones la industria, sacando a luz una gran cantidad de nuevos hechos mecánicos (en la industria textil, la relojería y la molinería), químicos (en la tintería, la metalurgia y la destilación de alcohol) y físicos (en la fabricación de lentes), hechos que, no sólo

suministraban un material inmenso de observación, sino que, además, aportaban por sí mismos medios de experimentación muy distintos de los empleados hasta entonces y hacían posible la construcción de *nuevos* instrumentos; podría afirmarse que es ahora cuando comienza la ciencia experimental verdaderamente sistemática. En segundo lugar, ahora se desarrolla como un conjunto coherente toda la Europa occidental y central, incluyendo a Polonia, aunque siguiera figurando a la cabeza Italia, gracias a su añeja civilización. En tercer lugar, los descubrimientos geográficos -emprendidos exclusivamente con un fin de lucro y, por tanto, en última instancia, al servicio de la producción- pusieron de manifiesto un material inmenso, hasta entonces inasequible, en el campo meteorológico, zoológico, botánico y fisiológico (humano). En cuarto lugar, existía la *imprenta.* *

Ahora -si prescindimos de la matemática, la astronomía y la mecánica, que ya existían-, vemos que la física se emancipa definitivamente de la química (Torricelli y Galileo, el primero de los cuales, acuciado por la necesidad de construir obras hidráulicas, estudió por primera vez el movimiento de los líquidos, véase Clerk Maxwell). Boyle estabilizó la química como ciencia y Harvey, al descubrir la circulación de la sangre, la fisiología (la humana y, en relación con ella, la animal). La zoología y la botánica siguieron siendo, por el momento, ciencias coleccionadoras hasta que apareció la paleontología -Cuvier- y hasta que vinieron, poco después, el descubrimiento de la célula y el desarrollo de la química orgánica. Esto hizo posible la morfología y la fisiología comparadas, y a partir de entonces ambas, la zoología y la botánica, se convirtieron en verdaderas ciencias. A fines del siglo pasado (XVIII) fue fundada la geología y recientemente la mal llamada antropología, que facilita el tránsito de la morfología y la fisiología del hombre y de sus razas a la historia. Hay que seguir estudiando y desarrollando esto en detalle."

LA CONCEPCIÓN DE LA NATURALEZA, ENTRE LOS ANTIGUOS.

(Hegel, *Historia de la filosofía,* tomo I: La filosofía griega)[2]

Dice Aristóteles *(Metafísica*, I, 3*)* de los primeros filósofos que afirmaban que "aquello de que están hechos todos los seres, el

* *Al margen del manuscrito y frente al párrafo anterior, aparecen escritas las siguientes palabras:*

"Hasta ahora, sólo se alardeaba de lo que la producción debe a la ciencia, pero es infinitamente más lo que la ciencia debe a la producción." *N. del ed.*

principio de que se generan y el término en que se corrompen, permaneciendo siempre idéntico como sustancia (οντσία) aunque cambia de accidentes (παθεσι), constituye el elemento (στοιχεον) y es el principio (αφχη) de cuanto existe... Por eso entienden que ninguna cosa nace (ονχη γίγνεφαι ονδεν), porque esta naturaleza persiste eternamente" (pág. 198).[3] Tenemos ya aquí, pues, todo el originario y tosco materialismo, emanado de la naturaleza misma y que, del modo más natural del mundo, considera en sus comienzos la unidad dentro de la infinita variedad de los fenómenos de la naturaleza como algo evidente por sí mismo, buscándola en algo corpóreo y concreto, en algo específico, como Tales en el agua.

Dice Cicerón: *"Tales*[4] de Mileto... consideraba el agua como la sustancia primigenia de las cosas y la divinidad como el espíritu que todo lo formaba a base del agua" *(De Natura Deorum* ["Sobre la naturaleza de los dioses"], I, 10). Hegel explica esto, con toda razón, como un pegote de Cicerón, y prosigue: "Ahora bien, el problema de si Tales creía, además, en Dios no nos interesa en absoluto aquí, donde para nada se habla de creencias, de fe o de religión popular... y por el hecho de que hablara de Dios como el creador de todas las cosas a base del agua, nada añadiríamos a nuestro conocimiento de esta esencia..., seguiría siendo una palabra vacua sin su concepto", pág. 209[5] (hacia 600 [a.n.e.]).

Los primeros filósofos griegos eran, al mismo tiempo, naturalistas: *Tales* era geómetra, fijó el año en 365 días y se dice de él que predijo un eclipse de sol. *Anaximandro* construyó un reloj de sol, trazó una especie de mapa (πείρμετρον) de las tierras y los mares y creó diversos instrumentos astronómicos. Pitágoras era matemático.

Según Plutarco *(Quaestiones convivales* ["Pláticas de sobremesa"], VIII, 8), *Anaximandro* de Mileto *"hace al hombre nacer de un pez, pasar del agua a la tierra"* (pág. 213).[6] Para él, el αρχη καί στοιχειον το απειρον [principio y elemento primigenio es lo *infinito*[7]], que no determina (διοίμετρον) como aire ni como agua ni de ningún otro modo (Diógenes Laercio, II, § I).[8] Hegel (pág. 215) s expresa exactamente lo infinito de Anaximandro como "la materia indeterminada" (hacia 580).

Anaxímenes de Mileto considera como el principio y el elemento fundamental el *aire,* que es, según él, infinito (Cicerón, *De Natura Deorum*, I, 10), y "del que sale todo y en el que todo vuelve a disolverse" (Plutarco, *De placitis philosophorum* ["Sobre las opiniones de los filósofos"], 13). El aire, αηρ, se concibe aquí como = πνενμα [hálito, espíritu]: "Así como nuestra alma, que es aire, nos mantiene en cohesión, así el mundo entero se mantiene

unido por un espíritu (πνευμα). Espíritu y aire son sinónimos" (Plutarco).[10] El alma y el aire aparecen concebidos como un medio general (hacia 555).

Ya Aristóteles dice que estos antiguos filósofos cifran la esencia primigenia en una modalidad de la materia: en el aire o en el agua (Anaximandro tal vez en algo intermedio entre ambas), y más tarde Heráclito en el fuego, pero ninguno en la tierra, por su múltiple composición (δια την μεγαλομερειαν), *Metafísica*, I, 8 pág. 217).[11]

De todos ellos dice Aristóteles con razón que dejan sin explicar el origen del movimiento (págs. 218 ss.)[12]

Pitágoras de Samos (hacia 540): el *número* constituye el principio fundamental: "que el *número* es la esencia de todas las cosas y que la organización del universo en su conjunto se halla determinada por *un sistema armónico de números y de relaciones entre ellos"* [13] (Aristóteles, *Metafísica*, I, 5, passi [en diferentes lugares]. Hegel llama justamente la atención hacia "la audacia de semejante afirmación, que echa por tierra de golpe todo lo que venía considerándose como esencial (como verdadero), anulándose de pronto la esencia sensible"[14] y cifrándose la esencia en una determinación discursiva, por muy limitada y unilateral que ella sea. Lo mismo que el número se halla sometido a determinadas leyes, a ellas se halla sometido también el universo; es ahora, por tanto, cuando por vez primera se proclama la sujeción del universo a leyes. Se atribuye a Pitágoras la reducción de las armonías musicales a proporciones matemáticas. Y asimismo: "Los pitagóricos colocaban en el centro el fuego y veían en la tierra una estrella que se movía circularmente en torno a aquel fuego central" (Aristóteles, *De coelo* ["Sobre el cielo"], II, 13. Este fuego no era el sol; sin embargo, tenemos aquí la primera intuición de que *la tierra se mueve.*[15]

Hegel sobre el sistema planetario: "...Las matemáticas aún no han sido capaces de aducir... un fundamento con arreglo al cual se comprenda la armonía con que se determinan los intervalos [entre los planetas]. Los números empíricos se conocen exactamente, pero todo presenta la apariencia de lo contingente, no de lo necesario. Conocemos una regularidad aproximada en cuanto a las distancias, y esto nos ha permitido, con un poco de suerte, conjeturar la existencia de planetas donde más tarde fueron descubiertos Ceres, Vesta, Palas, etc., es decir, entre Marte y Júpiter. Pero la astronomía no ha podido descubrir todavía en ello una serie consecuente, racional; lejos de ello, mira con desprecio a la exposición regular de esa serie, que es por sí mismo un punto extraordinariamente importante, que no debe ser abandonado" (págs. 267-268).[16]

En los primeros griegos, pese a toda su concepción ingenuamente materialista de conjunto, encontramos ya el meollo del desdoblamiento posterior. El alma es ya, en Tales, algo aparte, distinto del cuerpo (y él mismo atribuye un alma al imán), en Anaxímenes es el aire (como en el Génesis) y los pitagóricos la presentan ya como inmortal y ambulante, considerando al cuerpo, con respeto a ella, como una morada puramente accidental. También los pitagóricos conciben el alma como "un fragmento del éter (αποσπασμα αινροζ)" (Diógenes Laercio, VIII-26-28), mientras que el éter frío es el aire y el éter denso el mar y la humedad.[17]

Aristóteles les reprocha también a los pitágóricos, con razón: Con sus números "no dicen cómo nace el movimiento y cómo, sin movimiento y sin cambio, hay generación y corrupción, o los estados y las actividades de las cosas celestes" *(Metafísica*, I, 8).[18]

Dícese que Pitágoras llegó a conocer la identidad del lucero de la mañana y de la estrella vespertina, que la luna recibía su luz del sol y, por último, el teorema que lleva su nombre. Para celebrar el descubrimiento de este principio, Pitágoras ofrendó a los dioses una hecatombe...[19] Y no cabe duda de que la cosa valía la pena: nada más grato que una fiesta motivada por un gran progreso en el camino del conocimiento del espíritu, aunque sea a costa de los bueyes (pág. 279).[20]

Los eléalas.

*

Leucipo y Demócrito.[21] "Leucipo y su discípulo Demócrito establecieron como elementos lo *lleno* y el vacío, queriendo referirse con ello al ser y al no ser, ya que por lo *lleno y lo sólido* (o sean los átomos) entendían el ser y por lo *hueco* el no ser... Pero estos elementos son, para ellos, fundamentos del ser en el modo de la materia. Y como aquellos que llaman lo uno a la sustancia básica (a la materia), haciendo que lo demás sea engendrado por sus cualidades..., exactamente del mismo modo designan también éstos las *diferencias* (o sean los átomos) como causa de lo restante. Y *admiten* tres diferencias de éstas: la *forma,* el *orden* y la posición... Así, A se distingue de N por la *forma*, AN de NA por el *orden* y Z de N por la posición" (Aristóteles, *Metafísica,* libro I, capítulo 4).[22]

"El (Leucipo) fue el primero que presentó los átomos como lo originario..., dando este nombre a los elementos. De ellos nacen innumerables mundos, que se disuelven de nuevo en los elementos. Y los mundos nacen del siguiente modo: *a tono con la disolución del infinito,* se mueven en el gran espacio vacío numerosos cuerpos de la más diversa forma, que, al apelotonarse, *forman un gran torbellino,* a través del cual, repeliéndose unos a otros y

moviéndose de variados modos en círculo, se separan y agrupan de tal modo, que lo igual se une a lo igual. Y cuando, *una vez establecido el equilibrio,* ya no pueden seguir girando en círculo por razón de la cantidad, *los más tenues* (los más ligeros) *escapan en dirección al vacío exterior,* como si pasaran a través de una criba, mientras que los demás permanecen juntos, mantienen, entralazados unos con otros, la misma órbita y forman así la primera estructura de masa de forma esférica" (Diógenes Laercio, libro IX, capítulo 6).[23]

Lo siguiente sobre Epicuro: "Pero los átomos *se mueven* incensantemente. Y más abajo dice que se mueven también con *la misma rapidez,* ya que el *espacio vacío* muestra la misma elasticidad *para con el átomo más ligero que para con el más pesado...* Además, los átomos no poseen más cualidades que las de *forma, magnitud y peso.... Y no pueden revestir tampoco una magnitud cualquiera.* Por lo *menos, jamás se ha apreciado un átomo mediante las percepciones de los sentidos"* (Diógenes Laercio, libro X, §§ 43-44).[24] Además, los átomos despliegan necesariamente la misma velocidad, cuando al moverse a través del espacio vacío no tropiezan con ninguna resistencia. Pues ni los pesados se moverán con mayor rapidez que los pequeños y ligeros, por lo menos si éstos no tropiezan con ningún obstáculo, ni los pequeños dejarán atrás a los grandes, *a pesar de que encuentran cómodamente paso por todas partes, siempre* y cuando que los grandes no tropiecen con ninguna resistencia" (obra cit., § 61).[25]

—

"Es evidente, por tanto, que lo *uno* es en todo género [de cosas] una naturaleza determinada y que en ninguno es precisamente esto, lo uno, su naturaleza" (Aristóteles, *Metafísica,* libro IX, capitulo 2).[26]

*

Aristarco de Samos, 270 a. C., había llegado ya a la *teoría copernicana de la tierra y el sol* (Mädler,[27] pág. 44; Wolf,[28] págs. 35-37).

Demócrito había formulado ya la hipótesis de que la *vía láctea* proyectaba sobre la tierra la luz condensada de innumerables pequeñas estrellas (Wolf, pág. 513).[29]

*

DIFERENTE SITUACIÓN AL FINAL DEL MUNDO ANTIGUO (HACIA EL AÑO 300) Y AL FINAL DE LA EDAD MEDIA (1453).[30]

1. En vez de una estrecha franja cultural a lo largo de la costa del Mediterráneo, que esporádicamente extendía sus brazos hacia el

interior y hasta la costa del Atlántico desde España, Francia e Inglaterra, pudiendo ser tan fácilmente rota y arrollada por los germanos y los eslavos en el Norte y los árabes en el Sudeste, nos encontramos ahora con un territorio cultural macizo que abarca toda la Europa occidental y cuyas avanzadas son Escandinavia, Polonia y Hungría.

2. En vez de la contraposición entre griegos o romanos y bárbaros, ahora existen seis pueblos civilizados, con sus respectivas lenguas cultas, sin incluir a las escandinavas, etc., todas ellas tan desarrolladas que pudieron tomar parte en el formidable auge literario del siglo XIV, garantizando un desarrollo mucho más multifacético de la cultura que las lenguas latina y griega, ya decadentes y agonizantes al final de la Antigüedad.

3. Un desarrollo incomparablemente mayor de la producción industrial y el comercio, gracias a los vecinos de las ciudades de la Edad Media; de una parte, una producción más perfeccionada, más variada y más en masa; de otra parte, un tráfico comercial más intenso y una navegación incomparablemente más audaz que en tiempo de los sajones, los frisones y los normandos y, de otra, la multitud de descubrimientos y la importación de las invenciones orientales, que no solamente hicieron posible la importación y la difusión de la literatura griega, los descubrimientos marítimos y la revolución religiosa burguesa, sino que, además, les dieron un alcance muy distinto y mucho más amplio y suministraron, por sobre todo eso, una gran cantidad de hechos científicos, desordenados todavía, pero que la Antigüedad no había llegado a conocer (la aguja magnética, la imprenta, el papel de trapo, que los árabes y los judíos españoles utilizaban desde el siglo XII el papel de algodón comenzó a aparecer en el siglo X y fue extendiéndose en los siglos XIII y XIV; desde los árabes, dejó de emplearse completamente el papiro en el Egipto), la pólvora, los *lentes*, los *relojes mecánicos, grandes* progresos tanto en el *cálculo del tiempo* como también en la *mecánica.*

(Sobre los inventos, véase núm. 11).[31]

A todo esto hay que añadir los materiales de los viajes (Marco Polo, hacia 1292, etc.).

Las universidades contribuyeron a extender mucho más la cultura general, aunque ésta no era todavía buena.

Con el levantamiento de Constantinopla y la caída de Roma termina el mundo antiguo, y con la caída de Constantinopla aparece indisolublemente entrelazado el final de la Edad Media. La época moderna comienza con el retorno a los griegos. ¡Negación de la negación!

*

DATOS HISTÓRICOS.-LOS INVENTOS.[32]

Antes de J. C.

Bomba contra incendios, reloj de agua (hacia 200 a. C.), pavimentado de calles (en Roma). Pergamino, hacia 160.

Después de J. C.

Molinos hidráulicos *en el Mosela,* hacia 340; en Alemania, en tiempo de Carlomagno.
Primeros indicios de ventanas encristaladas; iluminación de las calles en Antioquía, hacia el 370.
Gusanos de seda importados de China, en Grecia, hacia el 550. Plumas para escribir, en el siglo VI.
Papel de algodón, pasa de China a los árabes en el siglo VII; en el IX en Italia.
Organos hidráulicos, en Francia, en el siglo VIII.
Minas de plata, explotadas en el Harz desde el siglo X.
Molinos de viento, hacia el año 1000.
Notas musicales, escala de Guido de Arezzo, hacia el año 1000. La cría del gusano de seda pasa a Italia, hacia el 1100.
Relojes con ruedas dentadas, idem.
La aguja magnética, transmitida por los árabes a los europeos, hacia el 1180.
Pavimentado de calles en París, 1184.
Segunda mitad del siglo XIII:
Lentes en Florencia. Espejos.
Salazón de arenques. Escuelas.
Relojes de campana. Papel de algodón en Francia
Comienzos del siglo XIV:
Papel de trapo. Letra de cambio.
Primer molino de papel en Alemania (Nuremberg), 1390. Comienzos del siglo XV:
Iluminación de las calles en Londres. Correo en Venecia.
Grabado en madera e imprenta.
A mediados del mismo:
Arte del grabado en cobre,
Correo a caballo en Francia, 1464.
Minas de plata en los Montes metalíferos de Sajonia, 1471.

Piano de pedal, inventado en 1472.
Relojes de bolsillo. Carabina neumática.
Fines del siglo XV:
Cerrojo de fusil,
Rueda de hilar, 1530.
Campana de buzo, 1538.

*

DATOS HISTÓRICOS[33]

La moderna ciencia de la naturaleza -la única de la que podemos hablar en cuanto ciencia, en contraste con las geniales intuiciones de los griegos y las investigaciones esporádicas e incoherentes de los árabes- data de aquella formidable época en que el feudalismo se viene a tierra bajo los embates de la burguesa -al fondo de la lucha entre los vecinos de las ciudades y la nobleza feudal, se divisan los campesinos sublevados y, tras ellos, los comienzos revolucionarios del proletariado moderno, ya con la bandera roja en la mano y el comunismo en los labios-, de la época que hizo surgir en Europa las grandes monarquías, que abatió la dictadura espiritual del papa, que hizo brotar de nuevo como por encanto la antigüedad griega, y, con ella el más alto florecimiento artístico de los tiempos modernos, que derribó las fronteras del viejo orbe y descubrió, realmente, por primera vez la tierra.

Fue la más grande revolución hasta entonces conocida por la tierra. También la ciencia de la naturaleza unió sus destinos a ella, se mostró revolucionaria hasta el tuétano, se desarrolló paralelamente con la naciente filosofía moderna de los grandes italianos y dio sus mártires a las hogueras de la Inquisición y a las cárceles. Es bien significativo que en la persecución contra sus progresos rivalizasen protestantes y católicos. Si unos quemaron a Servet, otros mandaron a la hoguera a Giordano Bruno. Era una época que requería titanes y supo engendrarlos, titanes en cuanto a sabiduría, espíritu y carácter; la época que los franceses llamaron certeramente el Renacimiento y a la que la Europa protestante, con limitación unilateral, dio el nombre de la Reforma.

También la ciencia de la naturaleza emitió por aquel entonces su Declaración de la Independencia, aunque ésta no se produjera al comienzo mismo, del mismo modo que Lutero no fue el primer protestante. Lo que en el campo religioso significó la quema de las bulas por Lutero, fue lo que en la ciencia de la naturaleza vino a significar la gran obra de Copérnico, en la que éste, hombre en

verdad tímido, al cabo de treinta y seis años de titubeos y ya en el lecho de muerte por así decirlo, arrojó el guante a la superstición eclesiástica. A partir de entonces, la investigación de la naturaleza quedó esencialmente emancipada de la religión, aunque este proceso de emancipación sigue perfilándose todavía hoy en sus detalles, y son aún muchas las cabezas en que aún no se ha terminado. Pero el desarrollo de la ciencia comenzó con paso de gigante a partir de entonces, redoblando su marcha, por así decirlo, en proporción del cuadrado con respecto a la distancia en el tiempo, refiriéndonos a su punto de partida, como si quisiera hacer ver al mundo que en el movimiento de la más alta floración de la materia orgánica, que es el espíritu del hombre, rige la ley inversa que la materia inorgánica.

El primer período de la ciencia moderna de la naturaleza termina -en el campo de lo inorgánico- con Newton. Es el período en que la ciencia llega a dominar toda la materia dada, en la que logra grandes realizaciones en los campos de la matemática, la mecánica y la astronomía, sobre todo gracias a Képler y Galileo, las conclusiones de cuyas doctrinas sacará Newton. En cambio, el campo de lo orgánico no salió de los primeros rudimentos. No se conocían aún la investigación de las formas de vida históricamente superpuestas y que iban desplazándose unas a otras, ni la de las correspondientes condiciones cambiantes de vida, la paleontología y la geología. No se consideraba aún a la naturaleza, en general, como algo sujeto a desarrollo histórico y que tiene su historia en el tiempo; sólo se tomaba en consideración la extensión en el espacio; las diferentes formas se agrupaban únicamente las unas junto a las otras, pero no unas tras otras; la historia natural regía para todos los tiempos, como las órbitas elípticas de los planetas. Faltaban los dos primeros fundamentos sobre que pudiera hacerse descansar cualquier investigación un poco detallada de las formas orgánicas, a saber: la química y el conocimiento de la estructura orgánica esencial, de la célula. La ciencia de la naturaleza, en sus comienzos revolucionaria, tenía ante sí una naturaleza totalmente conservadora, en la que todo seguía siendo hoy tal y como había sido en los comienzos del mundo y en la que todo permanecería igual hasta la consumación de los siglos.

Es significativo que esta concepción conservadora de la naturaleza, tanto en lo inorgánico como en lo orgánico [...][34]

Astronomía		**Paleontología**	**Fisiología vegetal**	
Mecánica	**Física**	**Mineralogía**	**Fisiología animal**	**Terapéutica**
Matemática	**Química**	**Geología**	**Anatomía**	**Diagnosis**

Primera brecha: Kant y Laplace. Segunda: Geología y paleontología (Lyell, evolución lenta). Tercera: química orgánica, elaboración de los cuerpos orgánicos y prueba de la validez de las leyes químicas para los cuerpos vivos. Cuarta: 1842, [teoría] mecánica [del] calor, Grove. Quinta: Darwin, Lamarck, célula, etc. (lucha, Cuvier y Agassiz). Sexta: el *elemento comparativo* en anatomía, climatología (isotermos), geografía animal y vegetal (viajes y expediciones científicos desde mediados del siglo XVIII) y geografía física en general (Humboldt), reunión y ordenación de materiales. Morfología (embriología, Baer),[35]

La vieja teología se ha ido al diablo, existiendo ahora la certeza de que la materia, en su ciclo eterno, se mueve con sujeción a leyes que, al llegar a una determinada fase -unas veces aquí y otras allá- producen necesariamente, en los seres orgánicos, el espíritu pensante.

La existencia normal de los animales, dada en las condiciones simultáneas en las que viven y a las que se adaptan: las del hombre, a partir del momento en que se diferencia del animal en sentido estricto, no se han presentado todavía con anterioridad y será el desarrollo histórico futuro el que se encargue de plasmarlas. El hombre es el único animal capaz de sustraerse con su trabajo al estado puramente animal; su estado normal es *el estado que él mismo se crea,* con arreglo a su conciencia.

*

ELIMINADO DEL "FEUERBACH"[36]

[Los buhoneros vulgarizadores que en la década del cincuenta corrían en Alemania la mercancía del materialismo no se sobrepusieron en modo alguno a estas limitaciones de sus maestros.[37] Todos los progresos logrados hasta sus días por las ciencias naturales les servían] de nuevos argumentos contra la fe en un creador del mundo, y en realidad no consideraban como incumbencia suya el seguir impulsando el desarrollo de la teoría. El idealismo se había visto profundamente afectado en 1848, pero aún había caído más bajo el materialismo, bajo esta forma renovada. Y Feuerbach tenía toda la razón cuando se negaba a hacerse responsable de *este* tipo de materialismo; lo que ocurre es que no tenía derecho alguno a identificar con la doctrina del materialismo en general la que preconizaban aquellos predicadores ambulantes.

Por aquellos años, logró la ciencia empírica de la naturaleza un auge tal y alcanzó tan brillantes resultados, que ello hizo posible,

no sólo superar totalmente la mecánica unilateralidad del siglo XVIII, sino incluso convertir la misma ciencia de la naturaleza de ciencia empírica en teórica, al demostrar las conexiones entre los diversos campos de investigación (mecánica, física, química, biología, etc.), existentes en la naturaleza misma, con lo cual esta ciencia, en la síntesis de lo obtenido, se trocaba en un sistema de conocimiento materialista de la naturaleza. La mecánica de los gases; la química orgánica, recién descubierta y que despojaba a las llamadas combinaciones orgánicas, una tras otra, del último residuo de lo incomprensible, al elaborarlas a base de sustancias orgánicas; la embriología científica, que data de 1818; la geología y la paleontología; la anatomía comparada de plantas y animales: todas vinieron a suministran nuevos materiales, en cantidades hasta ahora insospechadas. Pero fueron, sobre todo, tres descubrimientos los que tuvieron una importancia decisiva.

El primero fue la prueba de la transformación de la energía derivada del descubrimiento del equivalente mecánico del calor (por Robert Mayer, Joule y Colding). Las innumerables causas eficientes de la naturaleza, que hasta ahora llevaban una existencia misteriosa y no explicada, bajo el nombre de fuerzas -la fuerza mecánica, el calor, la irradiación (la luz y el calor irradiado), la electricidad, el magnetismo, la fuerza química de la asociación y la disociación-, quedan a partir de ahora demostradas como formas específicas, como modalidades de existencia de una y la misma energía, es decir, del movimiento; no sólo podemos demostrar sus cambios de una forma a otra, tal como se observan en la naturaleza misma, sino producirlos nosotros mismos en el laboratorio y en la industria, de tal modo, además, que a una cantidad de energía bajo una de las formas corresponda siempre una determinada cantidad de energía bajo esta forma o bajo otra. Podemos, así, expresar la unidad térmica en kilogramos-metros y, a su vez, las unidades de cualesquiera cantidades de energía eléctrica o química en unidades térmicas, o a la inversa; y podemos, asimismo, medir y expresar en una unidad cualquiera, por ejemplo en unidades térmicas, el consumo y el suministro de energía de un organismo vivo. La unidad de todo movimiento, en la naturaleza, ha dejado de ser un postulado, para convertirse en un hecho registrado por las ciencias naturales.

El segundo descubrimiento -anterior en el tiempo- fue el descubrimiento de la célula orgánica por Schwann y Schleiden, de la célula como unidad, partiendo de cuya multiplicación y diferenciación nacen y se desarrollan todos los organismos, con excepción de los inferiores de todos. Este descubrimiento sentó una base firme para la investiga ción de los productos orgánicos, vivos,

de la naturaleza, tanto para la anatomía y la fisiología comparadas como para la embriología. Se había despojado de su envoltura misteriosa el nacimiento, el desarrollo y la estructura de los organismos; lo que hasta ahora era un misterio indescifrable quedaba explicado como un proceso que se operaba con arreglo a una ley esencialmente idéntica para todos los organismos multicelulares.

Quedaba todavía, sin embargo, una laguna muy importante. Si todos los organismos multicelulares -plantas y animales, incluyendo al hombre- brotan de una célula cada uno, con arreglo a la ley del desdoblamiento celular, ¿cómo explicarse la infinita diversidad de estos organismos? Este problema vino a ser resuelto por el tercer gran descubrimiento, por la teoría de la evolución, que Darwin fue el primero en exponer y razonar de un modo coherente. Por muchas que sean las variaciones que esta teoría haya de sufrir todavía en cuanto al detalle, no cabe duda de que ya ahora resuelve de un modo más que suficiente, a grandes rasgos, el problema planteado. Se ha demostrado en líneas generales la serie evolutiva de los organismos, desde los más simples, pasando por otros cada vez más múltiples y complicados, como los que hoy vemos ante nosotros, hasta llegar al hombre; con ello, no sólo se hace posible explicar los productos orgánicos de la naturaleza con que nos encontramos, sino que se sienta también la base para la prehistoria del espíritu humano, para poder seguir sus diferentes etapas de desarrollo, desde el protoplasma simple y carente de estructura de los organismos inferiores, pero que ya responde a estímulos, hasta el cerebro humano pensante. Prehistoria sin la cual la existencia del cerebro humano sede del pensamiento sería un milagro.

Con estos tres grandes descubrimientos quedan explicados, reducidos a sus causas naturales, los grandes procesos de la naturaleza. Sólo queda una cosa por hacer: explicar el nacimiento de la vida a base de la naturaleza inorgánica. Lo cual, formulado el problema como corresponde a la fase actual de la ciencia, equivale a crear cuerpos albuminoides a base de sustancias inorgánicas. La química va acercándose cada vez más a la solución de este problema. Pero si pensamos que fue solamente en 1828 cuando Wöhler obtuvo con materia inorgánica el primer cuerpo orgánico, la urea, y cuán innumerables composiciones llamadas orgánicas se obtienen hoy sin sustancias orgánicas de ninguna clase, difícilmente creeremos que la albúmina representará un obstáculo insuperable para la química. Hasta ahora ésta puede obtener toda sustancia orgánica cuya composición conozca exactamente. Tan pronto llegue a conocerse la composición de los cuerpos albuminoides podrá

abordarse la obtención de albúmina viva. Sería, sin embargo, pedir un milagro exigir que la química logre de la noche a la mañana lo que la naturaleza, en condiciones favorables, y en algunos cuerpos cósmicos solamente, ha necesitado millones de años para conseguir.

Vemos, pues, que la concepción materialista de la naturaleza descansa hoy sobre fundamentos mucho más firmes que en el siglo pasado. Entonces, sólo se conocía de un modo más o menos completo el movimiento de los cuerpos celestes y el de los cuerpos terrestres sólidos, bajo la acción de la gravedad; casi todo el campo de la química y toda la naturaleza orgánica eran, en aquel tiempo, misterios no descifrados. Hoy, toda la naturaleza se extiende ante nosotros, por lo menos en sus lineamientos fundamentales, como un sistema aclarado y comprendido de procesos y concatenaciones. Cierto es que concebir materialistamente la naturaleza no es sino concebirla pura y simplemente tal y como se nos presenta, sin aditamentos extraños, y esto hizo que en los filósofos griegos se comprendiera, originariamente, por sí misma. Pero entre aquellos primitivos griegos y nosotros median más de dos milenios de concepción del mundo esencialmente idealista, y, en estas condiciones, incluso el retorno a lo evidente por sí mismo resulta más difícil de lo que a primera vista parece. En efecto, no se trata, ni mucho menos, simplemente de rechazar todo el contenido de pensamientos de aquellos dos mil años, sino de criticarlo, de desentrañar por debajo de esta forma caduca los resultados obtenidos bajo una forma idealista falsa, pero inevitable para su tiempo y para la misma trayectoria del desarrollo. Cosa harto difícil, ciertamente, como lo demuestran los numerosos investigadores que, inexorables materialistas dentro de los límites de su ciencia, son, fuera de ella, no ya solamente idealista, sino incluso devotos cristianos y hasta cristianos ortodoxos.

Todos estos progresos verdaderamente decisivos de las ciencias naturales pasaron por delante de Feuerbach sin hacer grandemente mella en él. Y no tanto por culpa suya como de aquellas deplorables condiciones en que vivía Alemania y que hacían que las cátedras universitarias estuviesen usurpadas por pedantes hueros y eclécticos, mientras un Feuerbach, que descollaba por encima de ellos como una torre, se veía condenado a vegetar en el solitario retiro de una aldea. De ahí que le veamos -en medio de algunos vislumbres geniales sueltos-trillar tanta paja literaria cuando habla de la naturaleza. "La vida -dice, por ejemplo- no es, ciertamente, el producto de un proceso químico, ni el producto de cualquier fuerza natural o de cualquier fenómeno

aislado, que es a lo que el materialista metafísico pretende reducir la vida, sino que es un resultado de la totalidad de la naturaleza."[38] El que la vida sea un resultado de la naturaleza en su totalidad no contradice en modo alguno al hecho de que, en determinadas condiciones, dadas por la conexión total de la naturaleza, nazca la albúmina, portador independiente y exclusivo de la vida, y nazca precisamente como producto de un proceso químico. <Si Feuerbarch hubiese vivido en condiciones que 1e hubiesen permitido seguir siquiera fuese superficialmente los progresos de las ciencias naturales, jamás se le habría ocurrido hablar de un proceso químico como efecto de una fuerza natural aislada.>[39] Y al mismo aislamiento hay que atribuir el que Feuerbach se pierda en una serie de estériles y vacuas especulaciones en torno a la relación entre el pensamiento y el órgano pensante, el cerebro, campo éste por el que gusta de seguirle Starcke.

En una palabra, Feuerbach se rebela contra el nombre de materialismo. Y no le falta razón, ya que él nunca se desprende del todo del idealista. En el campo de la naturaleza, es materialista; pero en el campo de la humana [...][40]

*

Nadie trata peor a Dios que los naturalistas que creen en é1.[41] Los materialistas se limitan a explicar la *cosa,* sin dejarse llevar de tales frases, a las que sólo recurren cuando los importunos creyentes tratan de imponerles a Dios, en cuyo caso constestan brevemente, como Laplace: *Sire, je n'avais pas,* etc.,[42] o bien de una manera un tanto más áspera, como los comerciantes holandeses suelen rechazar la insistencia de los viajantes alemanes de comercio, cuando éstos tratan de hacerles comprar sus horribles artículos: *Ik kan die zaken niet gebruiken*,[43] y ¡ asunto concluido! Pero, ¡qué cosas no ha tenido que soportar Dios por parte de quienes lo defienden! En la historia de las ciencias naturales modernas, sus defensores tratan a Dios a la manera como sus generales y funcionarios trataban a Federico Guillermo III en la campaña de Jena. Un cuerpo de ejército tras otro rinde las armas, capitulan una fortaleza tras otra ante los avances de la ciencia, hasta que, por último, la ciencia conquista todo el campo infinito de la naturaleza, sin que quede en ella lugar alguno para el creador. Newton le respetaba todavía el "primer impulso", pero vedándole toda otra ingerencia en su sistema solar. El padre Secchi le expulsó muy cortésmente, con todos los honores canónicos, es cierto, pero no por ello de modo menos categórico, del sistema solar, sin consentirle más acto de creación que el relacionado con la nebulosa primitiva. Y así en todos los demás campos. En biología, su último gran Don

Quijote, Agassiz, incluso le atribuye un desatino positivo, al decir que Dios no sólo creó los animales reales y verdaderos, sino también los animales abstractos, por ejemplo, ¡el pez en cuanto tal! Hasta que, por último, viene Tyndall, quien le veda todo acceso a la naturaleza, relegándolo al mundo de las efusiones sentimentales y admitiendo su existencia pura y simplemente ¡porque tiene que haber alguien que sepa de todo esto (de la naturaleza) algo más que John Tyndall![44] ¡Qué abismo de distancia con respecto a aquel viejo Dios, creador del cielo y de la tierra y mantenedor de todas las cosas, sin cuya intervención no podía moverse ni la hoja de un árbol!

La necesidad emocional de que habla Tyndall no prueba nada. También el Chevalier des Grieux[45] sentía la necesidad emocional de amar y poseer a Manon Lescaut, mujer que se vendía y que se vendió a él alguna que otra vez; en gracia a esta mujer, el caballero se hizo jugador tramposo y *maquereau* [chulo], y si Tyndall trata de echarle en cara su conducta, le contesta ¡remitiéndose a su "necesidad emocional"!

Dios = *nescio* [lo desconozco]; pero *ignorantia non est argumentum*[46] (Spinoza).

[CIENCIAS NATURALES Y FILOSOFIA]

*

BÜCHNER [1]

Aparición de esta tendencia. Disolución de la filosofía alemana en el materialismo -eliminación del control sobre la ciencia-, estallido de una, vulgarización burdamente materialista, cuyo materialismo pretende suplir la falta de ciencia. Florece en la época de más profunda decadencia de la Alemania burguesa y de la ciencia alemana oficial, de 1850 a 1860. Vogt, Moleschott, Büchner. Seguros mutuos. -La corriente se reanima al ponerse de moda el darvinismo, al que estos señores se adhieren inmediatamente.

Cabría mandarlos al diablo y dejarlos ejercer su cometido nada deshonroso, aunque un tanto estrecho, consistente en inculcar el ateísmo, etc., al filisteo alemán, pero 1) sus insultos contra la filosofía (citar algunos pasajes),* que es, a pesar de todo, la gloria de Alemania, y 2) la pretensión de aplicar a la sociedad las teorías acerca de la naturaleza y de reformar el socialismo. Esto nos obliga a tomarlos en consideración.

En primer lugar, ¿qué aportan en su propio campo? Citas.
2. Trueque, págs. 170-171. ¿De dónde viene, de pronto, lo hegeliano?[3] Tránsito a la dialéctica.

Dos tendencias filosóficas: la metafísica, con categorías fijas, y la dialéctica (especialmente, Aristóteles y Hegel), con categorías fluidas; las pruebas de que estas contraposiciones fijas de fundamento y consecuencia, causa y efecto, identidad y diversidad, apariencia y esencia, son insostenibles, de que el análisis revela ya un polo como contenido *in nuce* [en germen] en el otro, de que, al llegar a cierto punto, un polo se convierte en el otro y de que toda la lógica se desarrolla siempre a base de estas contradicciones progresivas. -En Hegel, esto aparece de un modo místico, al considerarse las categorías como preexistentes, mostrándose la dialéctica del mundo real como

* Büchner sólo conoce la filosofía como dogmático, y él mismo es un dogmático del más tosco albañal de la Ilustración alemana, carente del espíritu y la dinámica de los grandes materialistas franceses (Hegel acerca de éstos), como a Nikolai le faltaba el [espíritu] de Voltaire. El "perro muerto Spinoza" de Lessing ([Hegel], *Enciclopedia.* Prólogo, pág. 19)[2] [*Nota de Engels.*]

el simple reflejo de éste. En realidad, ocurre al revés: la dialéctica de la mente es simplemente la imagen refleja de las formas de movimiento del mundo real, así en la naturaleza como en la historia. Los naturalistas, hasta finales del siglo pasado, más aún, hasta 1830, se las arreglaban más o menos con la vieja metafísica, porque la verdadera ciencia no iba más allá de la mecánica, la terrestre y la cósmica. No obstante, ya la matemática superior, que considera como un punto de vista superado la verdad eterna de la baja matemática, afirmaba con frecuencia lo contrario y sentaba tesis que sembraban la confusión en los cultivadores de la matemática elemental y que éstos consideraban como algo absurdo. Las categorías fijas se disolvían aquí y la matemática se movía en un terreno en el que relaciones tan simples como la de la mera cantidad abstracta o la de lo infinito malo cobraban una forma perfectamente dialéctica y obligaban al matemático a ser dialéctico, sin quererlo ni saberlo. Nada más cómico que los subterfugios, rodeos y expedientes a que recurrían los matemáticos para escapar a esta contradicción, para conciliar la matemática superior y la elemental, para aclarar ante su inteligencia que lo que se les mostraba a ellos como resultado innegable no podía ser una pura necedad, y esclarecer racionalmente en general el punto de partida, el método y el resultado de la matemática de lo infinito.

Pero ahora las cosas han cambiado totalmente. La química divisibilidad abstracta de lo físico, lo infinito malo: la atomística. La fisiología, la célula (el proceso orgánico de desarrollo tanto del individuo como de las especies, mediante la diferenciación, la prueba más palmaria de la dialéctica racional) y, finalmente, la identidad de las fuerzas naturales y su mutua transformación, que ha puesto término a todas las categorías fijas. Pese a lo cual la masa de los naturalistas sigue aferrada a las viejas categorías metafísicas y se muestra impotente, cuando se trata de explicar racionalmente y de entrelazar entre sí estos hechos modernos, que, por así decirlo, ponen de manifiesto la dialéctica en la naturaleza. Y, en este punto, no había más remedio que recurrir al *pensamiento:* el átomo, la molécula, etc., no los revela el microscopio, sino solamente el pensamiento. Consúltense los químicos (exceptuando a Schorlemmer, que conoce a Hegel) y la *Zellularpathologie* ["Patología celular"] de Virchow, quien se ve obligado a recurrir a frases generales para encubrir su perplejidad. La dialéctica despojada de todo misticismo se convierte en una necesidad absoluta para las ciencias naturales, una vez que éstas abandonan el terreno en que podían arreglárselas con las categorías fijas a la manera como la lógica satisfacía sus necesidades caseras con la matemática elemental. La filosofía se venga póstumamente de las

ciencias naturales por haber sido abandonada por ellas y, sin embargo, los naturalistas habrían podido darse cuenta ya por los mismos éxitos alcanzados por la filosofía en el terreno de las ciencias naturales de que había en toda ella algo que estaba por encima de sus ciencias, incluso en el campo de su propia especialidad (Leibniz, fundador de la matemática de lo infinito, frente a Newton,[4] el asno de la inducción, plagiario y corruptor;[5] Kant, teoría cósmica del origen, *antes* de Laplace; Oken, el primero que aceptó en Alemania la teoría de la evolución; Hegel, cuya [...][6] síntesis y agrupación racional de las ciencias naturales representan una hazaña mayor que todas las necesidades materialistas juntas).

Acerca de la pretensión de Büchner de juzgar del socialismo y la economía a base de la lucha por la existencia: Hegel *(Enciclopedia,* I, pág. 9) sobre el zapatero.7

Acerca de la política y [el] socialismo: el entendimiento al que ha esperado el mundo (pág. 11).[8]

Relación de exterioridad, de correlación y de sucesión. Hegel, *Enciclopedia,* pág. 351, como determinación de lo sensible, de la representación.[9]

Hegel, *Enciclopedia,* pág. 40. Los fenómenos naturales[10] -pero, en Büchner esto no es *pensado,* sino simplemente transcrito, razón por la cual no es necesario.

Pág. 42. Solón "se sacó de la cabeza" sus leyes[11] -Büchner puede hacer otro tanto, con respecto a la sociedad moderna.

Pág. 45. Metafísica: ciencia de las *cosas*,[12] no de los movimientos.

Pág. 53. "En la experiencia lo que importa es con qué sentido se aborda la realidad. Un gran sentido aporta grandes experiencias y descubre en el abigarrado juego de los fenómenos aquello que interesa."[13]

Pág. 56. Paralelismo entre el individuo humano y la historia [14] = paralelismo entre la embriología y la paleontología.

*

Así como Fourier necesita, a pesar de todo, *a mathematical poem* [un poema matemático],[15] así también Hegel *a dialectical poem* [un poema dialéctico].[16]

*

La falsa *teoría de la porosidad* [17] (según la cual las distintas falsas materias, la materia calor, etc., moran en sus mutuos poros y, sin embargo, no se interpenetran) es presentada por Hegel

como una pura *ficción poética del entendimiento (Enciclopedia*, I, pág. 259.[18] V. también *Lógica).*[19]

*

Hegel, *Enciclopedia*, I, págs. 205-206:[20] pasaje profético acerca de los pesos atómicos, comparado con las ideas físicas imperantes a la sazón y con las ideas acerca del átomo, la molécula, etc., como determinaciones del *pensamiento*, con respecto a los cuales tenía éste que pronunciar la palabra decisiva.[21]

*

Si Hegel concibe la naturaleza como una manifestación de la "idea" eterna en su enajenación, considerando esto como un grave delito, ¿qué decir del morfólogo Richard Owen?: "La idea arquetípica existió mucho antes de que existieran aquellas especies animales que ahora la realizan, encarnadas bajo diversas formas en este planeta" *(Nature of Limbs,* 1849)-[22] Si esto lo dice un naturalista místico, sin pensar en lo que dice, no tiene gran importancia, pero si lo dice un filósofo, pensando *au fond* [en el fondo] la verdad, sólo que en una forma invertida, incurre en mística y comete un crimen inaudito.[23]

*

Pensamiento naturalista:[24] el plan de la creación de Agassiz, según el cual Dios procede, en su obra creadora, de lo general a lo particular y lo singular, ¡creando primeramente el animal vertebrado en cuanto tal, luego el mamífero en cuanto tal, el animal de rapiña en cuanto tal, el felino en cuanto tal y, por último, el león, etc.! Es decir, ¡primero los conceptos abstractos bajo la forma de cosas concretas y luego las cosas concretas mismas! (Véase Haeckel, pág. 59).[25]

*

En *Oken* (Haeckel, págs. 85 ss.)[26] se manifiesta el absurdo que nace del dualismo entre las ciencias naturales y la filosofía. Oken descubre por la vía discursiva el protoplasma y la célula, pero a nadie se le ocurre estudiar la cosa por el camino de las ciencias naturales: ¡el *pensamiento* se encargará de todo! Y cuando se descubre la célula y el protoplasma, Oken, en general, ¡queda en ridículo![27]

*

Hofmann *(Ein Jahrhundert Chemie unter den Hohenzollern),*[28] citado filosofía de la naturaleza. Una cita de Rosenkranz,[29] el autor de amena literatura, a quien ningún verdadero

hegeliano reconoce. Para Rosenkranz, hacer responsable a la filosofía de la naturaleza es algo tan disparatado como lo es el que Hofmann atribuya a los Hohenzollern el descubrimiento del azúcar de remolacha por Marggraf.[30]

*

Teoría y empirismo.[31] El achatamiento fue demostrado teóricamente por Newton. Los Cassini [32] y otros franceses siguieron afirmando todavía mucho tiempo después, apoyándose en sus cálculos empíricos, que la tierra tenía forma elipsoide y el eje polar era el más largo.

*

El desprecio de los empíricos por los griegos aparece ilustrado de un modo muy peculiar cuando se lee, por ejemplo, el libro de Th. Thomson *(On Electricity),*[38] donde gentes como Davy y todavía el mismo Faraday andan a tientas en la sombra (chispa eléctrica, etc.) y hacen experimentos que recuerdan enteramente los relatos de Aristóteles y de Plinio acerca de las relaciones físico-químicas. Y es precisamente en esta nueva ciencia donde los empíricos reproducen íntegramente los tanteos a ciegas de los antiguos. Y cuando el genial Faraday descubre una pista acertada, el filisteo Thomson tiene que protestar en contra de ella (pág. 397).[34]

*

Haeckel, *Anthropogenie,*[35] pág. 707: "Según la concepción materialista del mundo, *la materia se da antes que el movimiento* o la fuerza viva, es la materia la que crea la fuerza." Lo cual es tan falso como si se dijera que la fuerza ha creado la materia, ya que materia y fuerza son inseparables.

¿De dónde saca Haeckel su materialismo?[36]

*

Causae finales y efficientes,[37] convertidas por Haeckel (págs. 89, 90) [38] en causas que actúan de un modo *teleológico* y causas que obran de un modo *mecánico,* ya que para él *¡causa finalis = Dios!* Y, asimismo, para él, a la manera de Kant, mecánico sin más = monista, no = mecánico en el sentido de la mecánica. Con tal confusión de lenguaje, es inevitable el absurdo. Lo que Haeckel dice aquí de la *Critica del juicio* de Kant no coincide con Hegel *(Geschichte der Philosophie,* pág. 603).[39]

*

Otro[40] ejemplo de la polaridad en Haeckel: Mecanicismo = monismo, vitalismo o teleología = dualismo. Ya en Kant y en Hegel es el fin *interior* una protesta contra el dualismo. El mecanicismo, aplicado a la vida, una categoría impotente; podemos, a la sumo, hablar de quimismo, si es que no queremos despojar al nombre de todo su sentido. Fin: Hegel, V, pág. 205:[41] "El mecanicismo se revela por sí mismo como una tendencia a la totalidad por el hecho de que trata de concebir la naturaleza de por sí como un todo cuyo concepto no necesita de otro alguno, *totalidad que no se halla en el fin ni en el entendimiento exterior al mundo y entroncado con él*."[42] Pero lo gracioso del caso es que el mecanicismo (incluyendo al materialismo del siglo XVIII no se desprende de la necesidad abstracta ni tampoco, por tanto, de la casualidad. El que la materia desarrolle de su seno el cerebro pensante del hombre constituye, para él, un puro azar, a pesar de que, allí donde esto ocurre, se halla, paso a paso, condicionado por la necesidad. En realidad, es la naturaleza de la materia la que lleva consigo el progreso hacia el desarrollo de seres pensantes, razón por la cual sucede necesariamente siempre que se dan las condiciones necesarias para ello (las cuales no son, necesariamente, siempre y dondequiera las mismas).

Y, un poco más adelante, Hegel, V, pág. 206:[43] "Este principio (el del mecanicismo)[44] infunde, por tanto, en su conexión de la necesidad externa, la conciencia de una libertad infinita con respecto a la teleología, la cual presenta lo insignificante y hasta lo despreciable de su contenido como algo absoluto, en lo que el pensamiento más general se siente infinitamente agobiado y puede, incluso, encontrarse afectado de asco."

Y, a este propósito, nos encontramos de nuevo con el gigantesco despilfarro de materia y movimiento en la naturaleza. En el sistema solar habrá, a lo sumo, tres planetas en que puedan existir vida y seres pensantes, bajo las actuales condiciones. ¡Y en razón de ellos, todo este inmenso aparato!

En el organismo, el *fin interno* se impone, según Hegel (V, pág. 44)[45] por medio del impulso. *Pas trop fort* [no demasiado convincente]. El impulso es, al parecer, el encargado de poner lo vivo singular más o menos en armonía con su concepto. De donde se desprende hasta qué punto todo este *fin interno* es, a su vez, una determinación ideológica. Y, sin embargo, tenemos aquí a Lamarck.[46]

Los naturalistas creen liberarse de la filosofía simplemente por ignorarla o hablar mal de ella. Pero, como no pueden lograr nada sin pensar y para pensar hace falta recurrir a las determinaciones del pensamiento y toman estas categorías, sin darse cuenta de ello, de la conciencia usual de las llamadas gentes cultas, dominada por los residuos de filosofías desde hace largo tiempo olvidadas, del poquito de filosofía obligatoriamente aprendido en la Universidad (y que, además de ser puramente fragmentario, constituye un revoltijo de ideas de gentes de las más diversas escuelas y, además, en la mayoría de los casos, de las más malas), o de la lectura, ayuna de todo crítica y de todo plan sistemático, de obra filosófica de todas clases, resulta que no por ello dejan de hallarse bajo el vasallaje de la filosofía, pero, desgraciadamente, en la mayor parte de los casos, de la peor de todas, y quienes más insultan a la filosofía son esclavos precisamente de los peores residuos vulgarizados de la peor de las filosofías.[47]

*

Pónganse como quieran, los naturalistas se hallan siempre bajo el influjo de la filosofía. Lo que se trata de saber es si quieren dejarse influir por una filosofía mala y en boga o por una forma del pensamiento teórico basada en el conocimiento de la historia del pensamiento y de sus conquistas.

¡Física, guárdate de la metafísica!: pensamiento muy certero, pero en otro sentido.[48]

Los naturalistas conceden a la filosofía una vida aparente, al contentarse con los despojos de la vieja metafísica. Solamente cuando la ciencia de la naturaleza y de la historia hayan asimilado la dialéctica, saldrá sobrando y desaparecerá, absorbida por la ciencia positiva, toda la quincalla filosófica, con la excepción de la pura teoría del pensamiento.[49]

[DIALECTICA]

[a) PROBLEMAS GENERALES DE LA DIALÉCTICA. LEYES FUNDAMENTALES DE LA DIALÉCTICA]

*

La dialéctica llamada *objetiva* domina toda la naturaleza, y la que se llama dialéctica subjetiva, el pensamiento dialéctico, no es sino el reflejo del movimiento a través de contradicciones que se manifiesta en toda la naturaleza, contradicciones que, en su pugna constante en lo que acaba siempre desapareciendo lo uno en lo otro que lo contradice o elevándose ambos términos a una forma superior, son precisamente las que condicionan la vida de la naturaleza. Atracción y repulsión. En el magnetismo comienza la polaridad, que se manifiesta en el mismo cuerpo; en la electricidad, se divide en dos o en más, entre las que media una tensión mutua. Todos los procesos químicos se reducen a los fenómenos de la atracción y la repulsión química. Por último, en la vida orgánica la formación del núcleo de la célula debe, asimismo, considerarse como un caso de polarización de la proteína viva y, partiendo de la simple célula, la teoría de la evolución demuestra cómo todo progreso, hasta llegar de una parte a la planta más complicada y de otra al hombre, es el resultado de la pugna constante entre la herencia y la adaptación. Y en este proceso se revela cuán poco aplicables son a tales formas de desarrollo categorías como las de lo "positivo" y lo "negativo". Podría considerarse la herencia como el lado positivo, conservador, y la adaptación como el lado negativo, que va destruyendo constantemente lo heredado; pero también cabría representarse la adaptación como la actividad creadora, activa, positiva, y la herencia como la actividad retardataria, pasiva, negativa. Sin embargo, así como en la historia el progreso se presenta como la negación de lo existente, también aquí -por razones puramente prácticas- es mejor concebir la adaptación como la actividad de signo negativo. En la historia, el movimiento a través de contradicciones se manifiesta, sobre todo, en todas las épocas críticas de los pueblos que marchan a la cabeza. En tales momentos, un pueblo tiene que optar por uno de los dos términos de un dilema: ¡o lo uno o lo otro!, y además el problema se plantea siempre de modo completamente distinto de como los filisteos politizantes de todos los tiempos querrían que se planteara. Hasta el filisteo liberal alemán de 1848 tuvo que

enfrentarse en 1849, de la noche a la mañana, inesperadamente y en contra de su voluntad, al dilema de retornar a la vieja reacción, ahora agudizada, o seguir avanzando por el camino de la revolución hasta la república, y acaso hasta la república una e indivisible, al fondo de la cual se atalayaba el socialismo. No se paró mucho a pensar y ayudó a entronizar a la reacción manteuffeliana, en que culminó el liberalismo alemán. Y otro tanto le ocurrió en 1851 a la burguesía francesa, al encontrarse ante el dilema con el que seguramente no contaba: o una caricatura de imperio, el pretorianismo y la explotación de Francia por una banda de aventureros, o la república socialdemocrática, y la burguesía se inclinó ante la banda de aventureros, para, bajo su égida, poder seguir explotando tranquilamente a los obreros.[1]

*

Hard and fast lines [*líneas rígidas y fijas*] : incompatibles con la teoría de la evolución; ni siquiera es una línea fija la línea divisoria que media entre los animales vertebrados y los invertebrados, como no lo es la que separa a los peces de los anfibios, y la divisoria entre las aves y los reptiles va borrándose cada vez más, a medida que pasa el tiempo. Entre el *compsognathus* y el *archaeopteryx*[2] sólo faltan unos cuantos eslabones intermedios, y en ambos hemisferios se dan picos de aves dentadas. El ¡o lo uno o lo otro! va resultando cada vez más insuficiente. En los animales inferiores, no es posible establecer nítidamente el concepto de individuo. No sólo en el sentido de si este animal es un individuo o una colonia, sino también en los casos en que, en la evolución, termina *un* individuo y comienza el otro (nodrizas).[3] El viejo método discursivo metafísico no sirve ya para esta fase de la concepción de la naturaleza en que todas las distinciones se funden y disuelven en grados intermedios y todas las contraposiciones aparecen contrarrestadas por términos que se entrelazan. La dialéctica, que no admite ninguna clase de *hard and fast lines* [líneas rígidas y fijas], ninguna clase de dilemas absolutos e incondicionales, en la que las diferencias metafísicas fijas se entrelazan y al lado de los dilemas aparecen las relaciones coordenadas, cada cosa en el lugar que le corresponde y sin antítesis irreductibles, es el único método discursivo que en última instancia se acomoda a aquel modo de concebir la naturaleza. Para el uso diario, para el comercio científico al por menor, conservan las categorías metafísicas, indudablemente, su vigencia .[4]

*

Trueque de cantidad en cualidad = concepción "mecanicista" del mundo, los cambios cuantitativos alteran la cualidad. ¡Es algo que esos señores ni siquiera han olido![5]

*

Carácter antagónico de las determinaciones discursivas del pensamiento: *polarización.* Así como la electricidad, el magnetismo, etc., se polarizan, se mueven en antítesis, así ocurre también con los pensamientos. Y tampoco aquí, como allí, es posible retener nada unilateral, cosa en la que no piensa ningún naturalista.[6]

*

El propio Hegel expresa la verdadera naturaleza de las determinaciones "esenciales" *(Enciclopedia*, I, § 111, adición): "En la esencia, todo es relativo."[7] (Por ejemplo, lo positivo y lo negativo, términos que sólo tienen sentido en sus relaciones mutuas, pero no por separado.)[8]

*

Parte y todo, por ejemplo, son ya categorías que resultan insuficientes en la naturaleza inorgánica.-La eyaculación del semen, el embrión y el animal recién nacido no pueden concebirse como "partes" separadas del "todo": esto conduciría a un tratamiento deformado. Parte, solamente en el cadáver *(Enciclopedia*, I, pág. 268).[9]

*

Simple y compuesto.[10] Categorías que ya en la naturaleza orgánica pierden también su sentido y son inadecuadas. Ni la composición mecánica a base de huesos, sangre, cartílagos, músculos, tejidos, etc., ni la composición química a base de elementos expresan un animal. Hegel *(Enciclopedia*, I, pág. 256).[11] El organismo no es *ni* simple *ni* compuesto, por muy complejo que pueda ser.

*

Identidad - abstracta,[12] *a = a,* y negativa, *a* no igual y desigual a *a* al mismo tiempo, también inaplicable en la naturaleza

orgánica. La planta, el animal, toda célula es, en cada momento de su vida, idéntica consigo misma y, a la par con ello, diferente de sí misma, por la asimilación y la secreción de sustancias, la respiración y la formación y la muerte de células, por el proceso circulatorio que en ella se opera, en una palabra, por una suma de innumerables cambios moleculares que constituyen la vida y cuyos resultados sumados se manifiestan visiblemente en las fases de la vida -vida embrionaria, infancia, juventud, madurez sexual, proceso de la procreación, vejez y muerte-. Cuanto más se desarrolla la fisiología, mayor importancia adquieren para ella estos cambios incesantes e infinitamente pequeños, mayor importancia adquiere para ello, por tanto, la consideración de las diferencias *dentro* de la identidad, y envejece y caduca el viejo punto de vista formal y abstracto de la identidad, según el cual un ser orgánico debe considerarse y tratarse como sencillamente idéntico a sí mismo y constante.* No obstante, perdura el modo de pensar basado en él, con sus categorías. Pero, ya en la naturaleza inorgánica, nos encontramos con que no existe, en realidad, la identidad en cuanto tal. Todo cuerpo se halla constantemente expuesto a influencias mecánicas, físicas y químicas, que lo hacen cambiar continuamente y modifican su identidad. Solamente en la matemática -ciencia abstracta, que se ocupa de cosas discursivas, aunque éstas sean reflejos de la realidad- ocupa su lugar la identidad abstracta, como la antítesis de la diferencia, que, además, se ve constantemente superada. Hegel, *Enciclopedia*, I, pág. 235.[13] El hecho de que la identidad lleve en sí misma la diferencia, expresada en *toda proposición,* en la que el predicado es necesariamente distinto del sujeto: el *lirio* es una *planta,* la *rosa* es *roja,* donde se contiene en el sujeto o en el predicado algo que el predicado o el sujeto no cubre totalmente. Hegel, pág. 231.[14] Que la *identidad consigo misma* postula necesariamente y de antemano, como complemento, la *diferencia de todo lo demás,* es algo evidente de suyo.

El cambio constante, es decir, la superación de la identidad abstracta consigo mismo, se da también en lo que llamamos inorgánico. La geología es su historia. En la superficie, cambios mecánicos (denudación, congelación), cambios químicos (desgaste), en el interior cambios mecánicos (presión), calor (volcánico), cambios químicos (agua, ácidos, sustancias para hacer lijas), en grande los levantamientos de tierras, los terremotos, etc. La pizarra que vemos es fundamentalmente distinta del légamo de que ha sido formada, el yeso radicalmente distinto de las cáscaras microscópicas que lo forman, y más aún la piedra caliza, que, según

** Al margen del manuscrito encontramos aquí la siguiente observación, subrayada por Engels: "Prescindiendo, además, de la evolución de las especies."* (*N. del ed.*)

algunos, tiene un origen completamente orgánico; la piedra arenisca, completamente distinta de las arenas sueltas del mar, procedentes, a su vez, de granito pulverizado, etc., para no hablar del carbón.

*

El *principio de la identidad,* en el viejo sentido metafísico, principio fundamental de la vieja concepción: *a* = *a.* Toda cosa es igual a sí misma. Todo era permanente, el sistema solar, las estrellas, los organismos. Este principio ha sido refutado, trozo a trozo, en cada caso concreto, por la investigación de la naturaleza, pero teóricamente aún sigue resistiéndose y constantemente lo oponen a lo nuevo los sostenedores de lo viejo, quienes dicen: una cosa no puede al mismo tiempo ser igual a sí misma y otra distinta. Y, sin embargo, el hecho de que la verdadera identidad concreta lleva en sí misma la diferencia, el cambio, ha sido demostrado recientemente en detalle por la investigación de la naturaleza (véase más arriba).- La identidad abstracta, como todas las categorías metafísicas, es suficiente para los usos *caseros,* en que se trata de relaciones pequeñas o de lapsos de tiempo cortos; los límites dentro de los cuales puede emplearse esta categoría difieren casi en cada caso y se hallan condicionados por la naturaleza del objeto: en un sistema planetario, en el que se puede aceptar como forma fundamental para los cálculos astronómicos normales la elipse, sin cometer prácticamente errores, mucho más ampliamente que tratándose de un insecto, que consuma su metamorfosis en unas cuantas semanas. (Poner otros ejemplos, por ejemplo los cambios de las especies, que se cuentan por varios milenios.) Pero la identidad abstracta es totalmente inservible para la ciencia sintética de la naturaleza, e incluso para cada una de sus ramas, y a pesar de que actualmente se la ha eliminado en la práctica de un modo general, teóricamente todavía sigue entronizada en las mentes, y la mayoría de los naturalistas se representan la identidad y la diferencia como términos irreductiblemente antitéticos, en vez de ver en ellas dos polos unilaterales, cuya verdad reside solamente en su acción mutua, en el encuadramiento de la diferencia *dentro* de la identidad.[15]

*

Identidad y diferencia — necesidad y casualidad — causa y efecto — las dos fundamentales contraposiciones,[16] que, tratadas por separado, se truecan la una en la otra.

Y, además, deben ayudar aquí los "fundamentos".[17]

*

Positivo y negativo.[18] Puede citarse también a la inversa: en la electricidad, etc.; ídem Norte y Sur. Inviértase esto y cámbiese a

tono con ello el resto de la terminología, y todo permanecerá en sus justos -términos. Entonces, llamaremos al Oeste Este y al Este Oeste. El sol saldrá por el Oeste, los planetas girarán de Este a Oeste, etc.; no habremos hecho más que cambiar los nombres. En efecto, en física se llama polo *Norte* a lo que es en realidad el polo Sur de la aguja imantada, atraída por el polo Norte del magnetismo de la Tierra, sin que ello importe en lo más mínimo.

*

La equiparación de lo positivo y lo negativo -cualquiera que sea el lado positivo o el negativo, lo mismo da- [la encontramos] no sólo en la geometría analítica, sino también y sobre todo en física (véase Clausius, págs. 87 y sigs.)[19]

*

Polaridad.[20] La aguja imantada, al cortarse por la mitad, polariza el centro neutral, pero de tal modo que los viejos polos permanecen. En cambio, si cortamos por la mitad una lombriz, vemos que conserva en el polo positivo la boca que ingiere el alimento y forma en el otro extremo un nuevo polo negativo, con su orificio secretor; pero el anterior polo negativo (ano) se convierte ahora en positivo, en boca, formándose en el otro extremo de la lombriz un nuevo ano o polo negativo. Voilà [he ahí] el trueque de lo positivo en negativo.

*

Polarización .[21] Todavía para J. Grimm era inconmovible la afirmación de que un dialecto alemán tenía que ser necesariamente una de dos cosas: o alto-alemán o bajo-alemán. Pero, en esta clasificación tajante, perdía totalmente de vista el dialecto franco. Como el franco escrito del bajo período carolingio era alto-alemán (ya que la transposición de las consonantes del alto-alemán se extendió al Sudeste de Francia), el dialecto franco desapareció aquí, según su modo de ver, en el viejo alto-alemán y allí en el francés. Pero de este modo resultaba absolutamente inexplicable cómo pudo, entonces, el holandés penetrar en la vieja región sálica. Fue después de la muerte de Grimm cuando volvió a descubrirse el dialecto franco: el sálico renovado como holandés y el ripuario en los dialectos medievales del bajo Rin, una parte de los cuales se desplazaron en varias etapas hacia el alto-alemán, mientras que otra parte de ellos siguieron siendo ramas del bajo-alemán, razón por la cual hay que concluir que el dialecto franco tiene tanto de alto-

alemán como de bajo-alemán.

*

Casualidad y necesidad[22]

Otra contraposición de que se ve cautiva la metafísica es la que media entre casualidad y necesidad. ¿Puede haber una contradicción más tajante que la que separa a estas dos determinaciones del pensamiento? ¿Cómo es posible que ambas sean idénticas, que lo casual sea necesario y lo necesario, al mismo tiempo, casual? El sentido común, y con él la inmensa mayoría de los naturalistas, consideran la casualidad y la necesidad como categorías que se excluyen mutuamente de una vez por todas. Una cosa, una relación, un fenómeno tiene que ser o casual o necesario, pero nunca ambas cosas a la vez. Lo uno y lo otro coexisten, por tanto, paralelamente, en la naturaleza; ésta encierra toda suerte de objetos y procesos, de los cuales unos son casuales y otros necesarios, siendo importante no confundir entre sí ambas categorías. Así, por ejemplo, se consideran las características determinantes del género como necesarias, reputándose como casuales las demás diferencias que median entre individuos del mismo género, lo mismo si se trata de minerales que de plantas o de animales. Y, a su vez, el grupo inferior se declara casual con respecto al superior, considerándose casual, por ejemplo, cuántas especies distintas integren el *genus felis* [género felino] o el *genus equus* [género equino], cuántos géneros y órdenes entren en una clase, cuántos individuos de cada una de estas especies existan, cuántas clases distintas de animales se den en determinada región o, en general, la fauna o la flora. Y se reputa lo necesario como lo único interesante desde el punto de vista científico y lo casual como lo indiferente para la ciencia. Lo que vale tanto como decir que lo que puede reducirse a leyes, o sea lo que *se conoce,* es interesante y lo que no se conoce, lo que no se sabe reducir a leyes, indiferente y que, por tanto, se puede prescindir de ello. Con lo cual cesa toda ciencia, ya que ésta debe precisamente investigar lo que *no* conocemos. Eso quiere decir: lo que se puede reducir a leyes generales se considera necesario y lo que no, casual. Todo el mundo se da cuenta de que es el mismo tipo de ciencia el que reputa natural lo que sabe explicarse y atribuye a causas sobrenaturales lo que es inexplicable para ella, siendo de todo punto indiferente en cuanto al fondo de la cosa que llame a la causa de lo inexplicable casualidad o la llame Dios. Son dos maneras distintas de expresar mi ignorancia y nada tienen que ver,

por lo tanto, con la ciencia. Esta termina allí donde falla la trabazón necesaria.

Frente a esto tenemos el determinismo, que pasa del materialismo francés a las ciencias naturales y que trata de resolver el problema de lo casual pura y simplemente negándolo. Según esta concepción, en la naturaleza reina sencillamente la necesidad directa. Si esta vaina de guisante tiene precisamente cinco granos, y no cuatro o seis; si la cola de este perro mide cinco pulgadas de largo, ni una línea más o menos; si esta flor de trébol ha sido fecundada en el año actual por una abeja, y aquella otra no, y lo ha sido, además. por una determinada abeja y en un momento determinado; si esta simiente ya ajada de diente de león ha germinado y la otra no; si anoche me ha picado una pulga a las cuatro de la mañana, y no a las tres ni a las cinco, y me ha picado, concretamente, en el hombro derecho, y no en la pantorrilla izquierda: son todos hechos producidos por un encadenamiento inexorable de causa a efecto, por una inconmovible necesidad, de tal modo, que ya la bola de gas de la que nació el sistema solar estaba dispuesta de manera que estos hechos tuvieran que producirse precisamente así, y no de otro modo. Es ésta una clase de necesidad que no nos saca para nada de la concepción teológica de la naturaleza. A la ciencia le da, sobre poco más o menos, lo mismo que llamemos a esto, con Agustín y Calvino, los designios eternos e insondables de Dios, que lo llamemos "kismet", como los turcos, o que lo bauticemos con el nombre de necesidad. Imposible desembrollar en ninguno de estos casos la cadena causal; nos quedamos a oscuras lo mismo en un caso que en otro, la llamada necesidad no pasa de ser una frase vacía de sentido, y la casualidad sigue siendo, así, lo que antes era. Mientras no podamos probar a qué causas obedece el número de guisantes que hay en una vaina, seguirá siendo algo casual, y no avanzaremos ni un paso en su explicación por decir que la cosa se hallaba ya prevista en la originaria constitución del sistema solar. Más aún. La ciencia que se propusiera indagar retrospectivamente en su encadenamiento casual el caso de esta vaina concreta de guisante, ya no sería tal ciencia, sino un mero juego, pues la misma vaina de guisante presenta por sí sola innumerables características individuales más, que se presentan como obra del azar: el matiz del color, el espesor y la dureza de la cáscara, el tamaño de los guisantes, etc., para no hablar de las particularidades individuales que pueden ser descubiertas a través del microscopio. Una sola vaina de guisante plantearía, pues, más problemas de concatenación causal de los que serían capaces de resolver todos los botánicos del mundo.

Como se ve, lo casual no se explica aquí partiendo de lo necesario, sino que, por el contrario, se rebaja la necesidad al plano de engendradora de lo puramente casual. Si el hecho de que una determinada vaina de guisante tenga seis granos precisamente, y no cinco o siete, forma parte del mismo orden que la ley motriz del sistema solar o la ley de la transformación de la energía, no se eleva en realidad lo casual al plano de lo necesario, sino que, por el contrario, se degrada la necesidad, convirtiéndola en casualidad. Más aún. Por mucho que se afirme que la variedad de las especies e individuos orgánicos e inorgánicos que crecen y viven, unos junto a otros, en un determinado terreno responde a una inconmovible necesidad, sigue siendo con respecto a los individuos y especies sueltos lo mismo que antes era, algo casual. Para un determinado animal es el azar quien dispone dónde nace, con qué medio se encuentra para su vida, cuáles y cuántos enemigos lo amenazan. Es algo puramente casual, para la planta matriz, a dónde empuje el viento su simiente, como lo es para la planta-hija dónde encuentre la semilla el mantillo necesario para germinar, y resulta un consuelo bien pobre el asegurar que también aquí se halla todo dispuesto por la inexorable necesidad. El modo como los objetos naturales aparecen mezclados y revueltos en una determinada zona, más aún, sobre toda la faz de la tierra. seguirá siendo, por mucho que se asegure que se halla predeterminado desde toda una eternidad, lo mismo que antes era: algo puramente casual.

Frente a estas dos concepciones, aparece Hegel con sus tesis, hasta llegar a él completamente inauditas, de que lo casual tiene un fundamento por ser casual, del mismo modo que, por ser casual, carece de todo fundamento; de que lo casual es necesario, de que la necesidad se determina a sí misma como casualidad y de que, de otra parte, esta casualidad es más bien la absoluta necesidad (*Lógica*, II, libro III, 2: "la realidad").[23] Los naturalistas han dejado a un lado, pura y simplemente, estas tesis, considerándolas como juegos paradójicos, como un absurdo contradictorio consigo mismo y han seguido aferrándose teóricamente, de una parte, a la vaciedad de la metafísica de Wolff, según la cual algo tiene que ser o casual o necesario, pero nunca ambas cosas a un tiempo, y, de otra parte, a un determinismo mecanicista no menos vacuo, que, negando de palabra la casualidad en general, lo reconoce de hecho y trata de ponerlo de manifiesto en todos y cada uno de los casos particulares.

Y, mientras la investigación de la naturaleza siguió pensando así. ¿qué hizo en la persona de Darwin?

En su obra decisiva, Darwin arranca de la más amplia base de

casualidad con que se encuentra. Son precisamente las infinitas diferencias casuales de los individuos dentro de cada especie, diferencias que van acentuándose hasta romper el carácter de la especie misma, y cuyas causas, incluso las más cercanas, sólo es posible poner de manifiesto en muy contados casos las que le inducen a poner en tela de juicio lo que hasta entonces venía siendo la base de todas las leyes de la biología, el concepto de especie, en su rigidez e inmutabilidad metafísicas anteriores. Pero sin el concepto de especie, toda la ciencia quedaba reducida a la nada. Todas las ramas de la ciencia postulaban como base necesaria el concepto de especie: la anatomía humana y la anatomía comparada, la embriología, la zoología, la paleontología, la botánica, etc.: ¿en qué quedaban todas ellas convertidas, sin el concepto de especie? Todos sus resultados quedaban, no ya en entredicho, sino sencillamente anulados. La casualidad echa por tierra la necesidad, tal como se la venía concibiendo hasta entonces.* La idea anterior de la necesidad falla. Aferrarse a ella equivale a querer imponer a la naturaleza como una ley la determinación arbitraria del hombre, contradictoria consigo misma y con la realidad, equivale, por tanto, a negar toda necesidad interior en la naturaleza viva y a proclamar de un modo general el caótico reino del acaso como única ley de la naturaleza viviente.

"¡El Tausves-Jontof ya no rige!",[24] gritan de un modo perfectamente consecuente los biólogos de todas las escuelas.

Darwin.

*

Hegel, "Lógica", tomo I[25]

"La nada contrapuesta al algo, la *nada de cualquier algo, es una determinada nada"* (pág. 74).[26]

"Con respecto a la trabazón del todo (universal),[27] trabazón determinante de los cambios, pudo la metafísica hacer la afirmación *-en el fondo tautológica-* de que, al destruirse un grano de polvo, se vendría a tierra todo el universo" (pág. 78.)[28]

Negación. Pasaje principal. "Introducción", pág. 38: "que lo contradictorio no se reduce a cero, a la nada abstracta, sino *a la negación de su determinado contenido",* etc.[29]

Negación de la negación. Fenomenología, prólogo, pág. 4: botón, flor, fruto, etc.[30]

* *Al margen del manuscrito aparecen entre paréntesis, un poco más arriba de la frase anterior, las siguientes palabras:* "El material de hechos casuales que ha ido acumulándose entretanto ha ahogado y roto la vieja idea de la necesidad." (*N. del ed.*)

[b) LÓGICA DIALÉCTICA Y TEORÍA DEL CONOCIMIENTO. SOBRE LOS "LÍMITES DEL CONOCIMIENTO"

*

Unidad de naturaleza y espíritu.[1] Para los griegos era algo evidente por sí mismo que la, naturaleza no podía ser irracional, pero todavía es hoy el día en que hasta los más necios empíricos demuestran con sus razonamientos (por muy falsos que ellos puedan ser) que están convencidos de antemano de que la naturaleza no puede ser irracional, ni la razón antinatural.

*

El desarrollo de un concepto o de una relación conceptual (positivo y negativo, causa y efecto, sustancia y accidente) en la historia del pensamiento guarda con respecto a su desarrollo en la mente del dialéctico individual la misma relación que la que existe entre el desarrollo de un organismo en la paleontología y su desarrollo en la embriología (o, mejor dicho, en la historia y en el embrión concreto). Fue Hegel el primero que descubrió, con respecto a los conceptos, que la cosa es así. En el desarrollo histórico, desempeña su papel la casualidad, que en el pensamiento dialéctico, lo mismo que en el desarrollo del embrión, *se concentra en la necesidad*.[2]

*

Lo abstracto y lo concreto. La ley general de los cambios de forma del movimiento es mucho más concreta que cualquier ejemplo "concreto" singular de ella.[3]

*

Entendimiento y razón.[4] Esta distinción hegeliana, en la que sólo es racional el pensamiento dialéctico, tiene cierto sentido. Toda actividad discursiva *-inducción y deducción-* y también, por tanto, la *abstracción* (los conceptos genéricos de Dido:[5] cuadrúpedos y bípedos), el *análisis* de objetos desconocidos (ya el mero hecho de romper una nuez es un comienzo de análisis), la *síntesis* (en los rasgos de astucia de los animales) y, como combinación de ambos, la *experimentación* (ante nuevos obstáculos y en situaciones extrañas) la poseemos en común con los animales. En cuanto al tipo, todos estos modos de proceder -y, por

tanto, todos los medios de investigación científica que la lógica usual reconoce- son exactamente los mismos en el hombre y en los animales superiores. Difieren solamente en cuanto al grado. Los rasgos fundamentales del método son los mismos y conducen a iguales resultados en el hombre y en el animal, siempre y cuando que ambos trabajen o se las arreglen con estos métodos elementales. En cambio, el pensamiento dialéctico -precisamente porque tiene como premisa la investigación de la naturaleza de los conceptos mismos- sólo puede darse en el hombre y, aun en éste, solamente al llegar a una fase relativamente alta de desarrollo (los budistas y los griegos), y no alcanza su pleno desarrollo sino mucho más tarde, en la filosofía moderna -¡y, a pesar de ello, hay que tener en cuenta los gigantescos resultados alcanzados entre los griegos, adelantándose considerablemente a la investigación!

La química, cuya forma de investigación predominante es el *análisis,* no es nada sin su polo contrario, la *síntesis.*[6]

*

[Sobre la clasificación de los juicios][7]

La lógica dialéctica, por oposición a la vieja lógica puramente formal, no se contenta, como ésta, con enumerar y colocar incoherentemente unas junto a otras las formas en que se mueve el pensamiento. Por el contrario, derivan estas formas la una de la otra, las subordina entre sí en vez de coordinarlas y desarrolla las formas superiores partiendo de las inferiores. Hegel, fiel a su división de toda la lógica, agrupa los juicios del siguiente modo:[8]

1. Juicio de existencia, la forma más simple del juicio, en el que se predica, afirmativa o negativamente, de una determinada cosa una cualidad general (juicio positivo: la rosa es roja; negativo: la rosa no es azul; infinito: la rosa no es un camello).

2. Juicio de reflexión, en el que se predica del sujeto una determinación relativa, una relación (juicio singular:[9] este hombre es mortal; particular:[10] algunos, muchos hombres son mortales; universal:[11] todos los hombres son mortales, el hombre es mortal).

3. juicio de necesidad, en el que se predica del sujeto su determinabilidad sustancial (juicio categórico: la rosa es una planta; hipotético: cuando sale el sol, es de día; disyuntivo: el lepidosiren [carámuru] es un pez o un anfibio.

4. juicio de concepto, en el que se predica del sujeto hasta qué punto corresponde a su naturaleza general o, como dice Hegel, a su

concepto (juicio asertorio: esta casa es mala; problemático: si una casa está construida de tal o cual modo, es buena; apodíctico: la casa construida de tal o cual modo es buena).

1) Juicio singular; 2) y 3) juicio particular; 4) juicio universal.

Por muy seco que pueda parecer todo esto y por muy arbitraria que a primera vista se nos pueda antojar, aquí y allá, esta clasificación de los juicios, todo el que estudie a fondo el genial desarrollo del razonamiento en la "Lógica grande" de Hegel *(Obras*, V, págs. 63-115),[12] tendrá que reconocer la verdad interior y la necesidad a que esta clasificación responde. Y pondremos un ejemplo muy conocido fuera de este contexto, para que se vea hasta qué punto esta clasificación tiene su fundamento, no sólo en las leyes del pensamiento, sino también en las leyes naturales.

Que el frotamiento engendra calor lo sabían ya prácticamente los hombres prehistóricos cuando, hace tal vez más de diez mil años, inventaron el fuego por fricción, e incluso antes, al calentarse las partes frías del cuerpo frotándolas con la mano. Pero desde entonces hasta el momento en que se descubrió que el frotamiento es una fuente de calor hubieron de transcurrir quién sabe cuántos milenios. Sea de ello lo que quiera, llegó el momento en que el cerebro del hombre estuvo lo suficientemente desarrollado para poder emitir este juicio: *el frotamiento es una fuente de calor,* juicio de existencia y, concretamente, positivo.

Pasaron nuevamente varios milenios, hasta que en 1842 Mayer, Joule y Colding investigaron este fenómeno especial, en relación con otros parecidos que entre tanto habían sido descubiertos; es decir, se detuvieron a indagar sus condiciones generales más próximas, hasta formular el siguiente juicio: *todo movimiento mecánico puede, trocarse en calor, mediante la fricción.* Fue necesario que transcurriese tanto tiempo y que se acumulase una cantidad enorme de conocimientos empíricos, para que, en el conocimiento del objeto de que se trata, pudiéramos avanzar desde el juicio positivo de existencia más arriba formulado hasta este juicio universal de reflexión.

Pero, a partir de ahora, las cosas marcharon ya más aprisa. Tres años más tarde, Mayer pudo, por lo menos en cuanto al fondo del asunto, elevar el juicio de reflexión hasta la fase en que hoy rige: *toda forma de movimiento puede y debe, en condiciones determinadas para cada caso, convertirse, directa o indirectamente, en otra forma de movimiento cualquiera,* juicio de concepto, y además apodíctico, es decir, la forma más alta de juicio, en general.

Nos encontramos, pues, aquí, como resultado de nuestros conocimientos teóricos de la naturaleza del movimiento en general,

con lo mismo que en Hegel se nos muestra como un desarrollo de la forma discursiva del juicio en cuanto tal. Lo que demuestra, en efecto; que las leyes del pensamiento y las leyes naturales coinciden necesariamente entre sí cuando se las conoce de un modo certero.

Podríamos llamar al primer juicio el juicio de lo singular: en él se registra el hecho suelto, aislado, de que el frotamiento engendra calor. Al segundo, el juicio de lo particular: una forma particular de movimiento, el movimiento mecánico, se revela capaz, en circunstancias particulares (mediante el frotamiento), de convertirse en otra forma particular de movimiento, en el calor. El tercero es el juicio de lo universal: toda forma de movimiento puede y debe necesariamente convertirse en otra distinta. Bajo esta forma de juicio, cobra la ley su expresión más alta. Nuevos descubrimientos pueden aportar nuevas ilustraciones de ella, enriquecer su contenido. Pero ya no podremos añadir nada nuevo a la ley misma, tal y como ha sido formulada. La ley, en su universalidad, universal por su forma lo mismo que por su contenido, ya no es susceptible de ampliación: es ya una ley natural absoluta.

Desgraciadamente, la dificultad del asunto está en la forma de movimiento de la albúmina, alias vida, mientras no podamos producirla nosotros.

*

Pero más arriba[13] hemos demostrado también que, para formular juicios, no basta la "capacidad de juicio" de Kant, sino que, además [...].[14]

*

Lo singular, lo particular y lo universal son las tres determinaciones en torno a las cuales gira toda la "teoría del concepto".[15] Pero bien entendido que de lo singular a lo particular y de esto a lo general no se progresa solamente bajo una sola, sino bajo muchas modalidades, como Hegel lo ilustra con harta frecuencia en el proceso de desarrollo progresivo individuo-clase-género. ¡Para que ahora vengan los Haeckels de la inducción y trompeteen como una gran hazaña -en contra de Hegel- el que hay que remontarse de lo singular a lo particular y de esto a lo universal! Es decir, del individuo a la clase y de ésta al género, autorizando luego a establecer conclusiones *deductivas* que nos permiten avanzar. Y es que la gente se ha acostumbrado de tal modo a contraponer la inducción y la deducción, que reduce todas

las formas lógicas de discurrir a estas dos, sin darse cuenta: 1) de que, inconscientemente, aplica bajo esos nombres otras formas discursivas, 2) de que renuncia a toda la riqueza de las formas de discurrir, cuando no puede encuadrarlas a la fuerza en cualquiera de aquellas dos, y 3) de que, con ello, convierte en una pura necedad las dos formas de la inducción y la deducción.[16]

*

Inducción y deducción.[17] Haeckel, págs. 75 y sigs.,[18] donde Goethe hace, por inducción, el razonamiento de que el hombre que *no tiene* el premaxilar *normal, debiera* tenerlo; lo que quiere decir que ¡llega mediante una inducción *falsa*[19] a una conclusión acertada!

*

Absurdo de Haeckel: inducción contra deducción. Como si deducción no fuese = conclusión, lo que quiere decir que también la inducción es una deducción. Consecuencia de polarizar. Haeckel, *Schöpfunsgeschichte,* págs. 76-77.[20] Se polariza la conclusión en las dos direcciones de inducción y deducción.[21]

*

Por inducción se descubrió, hace unos cien años, que los cangrejos y las arañas eran insectos y todos los animales inferiores gusanos. Por inducción también se descubre ahora que esto es absurdo y que existen x clases. ¿Dónde están, pues, las ventajas del llamado razonamiento por inducción, que puede ser tan falso como el llamado razonamiento por deducción y que no descansa sobre otro fundamento que la clasificación?

La inducción no podrá demostrar jamás que no llegue a existir algún día un mamífero sin glándulas lácteas. Las mamas eran antes signos del mamífero. Pero los ornitorrincos carecen de glándulas mamarias.

Todo el embrollo de la inducción [proviene] de los ingleses, Whewell, *inductive sciences* [ciencias inductivas],[22] que abarcan las [ciencias] matemáticas exclusivamente,[23] inventando así lo contrapuesto a la deducción. La lógica, ni la antigua ni la nueva, no sabe nada de esto. Todas las formas discursivas que parten de lo singular son experimentales, descansan sobre la experiencia; más aún, la conclusión deductiva comienza, incluso, por U - I - P[24] (en general).

Característico de la capacidad mental de nuestros naturalistas es también el hecho de que Haeckel abogue fanáticamente en pro de

la inducción precisamente en el momento en que los *resultados* de la inducción en todas partes se ponen en tela de juicio (el límulo, una araña; la ascidia, un vertebrado o un *chordatum,* los dipnoos [dotados de dos aparatos respiratorios], que, a despecho de todas las definiciones anteriores de los anfibios, son, sin embargo, peces), y diariamente se están descubriendo nuevos hechos que echan por tierra *toda* la clasificación anterior de carácter inductivo. ¡Magnífica confirmación del aserto de Hegel de que el razonamiento por inducción es esencialmente problemático![25] Más aún, la teoría de la evolución ha arrebatado, incluso, a la inducción toda la clasificación de los organismos, retrotrayéndola a la descendencia a la "deducción" -una especie *se deduce* literalmente de la otra, resultando totalmente imposible probar la teoría de la evolución por la vía de la simple inducción, ya que esta teoría es completamente antiinductiva. La teoría de la evolución hace que los conceptos manejados por la inducción, como los conceptos de especie; género, clase, pierdan sus contornos fijos y se conviertan en conceptos puramente *relativos,* con los cuales no puede operar la inducción .[26]

*

Los omniinduccionistas:[27] Con toda la inducción del mundo jamás habríamos podido llegar a ver claro en el *proceso* de la inducción. Para ello, no había más camino que *analizar* este proceso. Inducción y deducción forman necesariamente un todo, ni más ni menos que la síntesis y el análisis. En vez de exaltar unilateralmente la una a costa de la otra, hay que procurar poner a cada una en el lugar que le corresponde, lo que sólo puede hacerse si no se pierde de vista que ambas forman una unidad y se complementan mutuamente. Según los inductionistas, la inducción es un método infalible. Pero no hay nada de eso, hasta el punto de que todos los días [vemos cómo] se caen por tierra, mediante los nuevos descubrimientos, sus resultados aparentemente más seguros. Los corpúsculos luminosos y la materia térmica eran resultados de la inducción. ¿Y dónde están ahora? La inducción nos enseñaba que todos los animales vertebrados tenían un sistema nervioso central diferenciado en el cerebro y en la medula y que ésta aparecía siempre rodeada de vértebras óseas o cartilaginosas. Hasta que se descubrió el anfioxo, que es un animal vertebrado con un cordón nervioso central indiferenciado y *sin* vértebras. Según la inducción, los peces son animales vertebrados que respiran durante toda su vida por medio de branquias. Y he aquí que, de pronto, aparecen animales a quienes casi todo el mundo considera peces y que, a la vez que branquias, poseen pulmones muy bien desarrollados, y se

descubre que todos los peces tienen un pulmón potencial, que es la vejiga natatoria. Haeckel necesitó recurrir audazmente a la teoría de la evolución, para sacar a los induccionistas de estas contradicciones, en las que se sentían tan a gusto. Si la inducción fuese realmente tan infalible como se dice, ¿cómo podrían producirse esos desplazamientos radicales de clasificaciones, tan violentos y tan frecuentes en el mundo orgánico? En realidad, son el producto más genuino de la inducción y, a pesar de ello, se anulan los unos a los otros.

*

La inducción y el análisis.[28] Un ejemplo palmario de cómo la inducción no puede pretender ser la forma única ni siquiera la predominante de los descubrimientos científicos nos lo ofrece la termodinámica: la máquina de vapor ha probado del modo más concluyente cómo se puede, mediante el calor, obtener movimiento mecánico. 100.000 máquinas de vapor no prueban esto más que *una sola,* pero van empujando más y más a los físicos hacia la necesidad de explicarlo. El primero que se lo propuso seriamente fue Sadi Carnot. Pero no por inducción. Estudió la máquina, la analizó, encontró que el proceso de que se trataba no se presentaba en ella de un modo *puro,* sino encubierto por diversos procesos accesorios, descartó estas circunstancias concomitantes indiferentes para el proceso esencial y construyó una máquina de vapor ideal (la máquina de gas), en rigor imposible de construir, como no pueden construirse, por ejemplo, una línea o una superficie geométricas, pero que, a su modo, presta el mismo servicio que estas abstracciones matemáticas, al presentar ante nosotros el proceso en su forma pura, como un proceso independiente y sin falsear. Y, de este modo, se dio de bruces contra el equivalente mecánico del calor (véase la significación de su función C), que no pudo llegar a descubrir ni a ver porque creía en la *sustancia* calórica. Lo que demuestra, al mismo tiempo, el daño que puede causar una teoría falsa.

*

El empirismo de la observación, por sí solo, no puede nunca ser una prueba suficiente de la necesidad. *Post hoc,* pero no *propter hoc.*[29] *(Enciclopedia.* I, pág. 84).[30] Hasta tal punto es esto cierto, que del constante espectáculo de la salida del sol, en la aurora, no se deriva el que necesariamente vuelva a alumbrar al día siguiente, y ya hoy sabemos, en realidad, que llegará el momento en que el sol, un día, *no saldrá.* La prueba de la necesidad radica en el experimente; en el trabajo: si puedo *hacer* yo el *post hoc,*[31]

entonces sí será idéntico al *propter hoc*.[32]

*

La causalidad.[33] Lo primero que nos llama la atención, cuando nos fijamos en la materia en movimiento, es la trabazón que existe entre los distintos movimientos de diferentes cuerpos, cómo se hallan *condicionados* los unos por los otros. Ahora bien, no sólo observamos que a un cierto movimiento sigue otro, sino que vemos también cómo nosotros mismos podemos provocar un determinado movimiento, al producir las condiciones en que se efectúa en la naturaleza, e incluso que nos es dable producir (industria) movimientos que no se dan nunca en la naturaleza o que no se dan, por lo menos, de este modo y que podemos, además, imprimir a estos movimientos una dirección y una extensión determinados de antemano. *De este modo,* mediante la *actividad del hombre,* adquiere su fundamento la idea de la *causalidad,* la idea de que un movimiento es *causa* de otro. Es cierto que el mero hecho de que ciertos fenómenos naturales se sucedan regularmente unos a otros puede sugerir la idea de la causalidad, pero esto, por sí solo, no entraña prueba alguna, y en este sentido tenía razón el escepticismo de Hume al decir que el *post hoc* [después de esto] regularmente repetido no fundamentaba nunca la conclusión de un *propter hoc* [en virtud de esto]. Pero la actividad del hombre sí *aporta la prueba* de la causalidad. Si, con ayuda de un espejo cóncavo, concentramos los rayos del sol en un foco y hacemos que actúen sobre él como los del fuego usual, demostramos que el calor proviene realmente del sol. Si cargamos una escopeta con fulminante, pólvora y bala y, luego, apretamos el gatillo, damos por descontado el efecto que de antemano conocemos por experiencia,[34] porque podemos seguir en cada uno de sus detalles todo el proceso de la inflamación, la ignición y la explosión, la repentina transformación en gas y la presión del gas sobre el proyectil. Y, en este caso, no puede decir el escéptico que de la experiencia anterior no se desprende el que vaya a ocurrir lo mismo la próxima vez. Se da, en efecto, el caso de que a veces no ocurre lo mismo, de que la pólvora no prende, de que el gatillo no funciona, etc. Pero esto no hace, precisamente, más que *demostrar* la causalidad, en vez de refutarla, ya que, si investigamos bien la cosa, podremos siempre encontrar la causa a que obedece cada una de estas desviaciones de la regla: desintegración química de la inflamación, humedad, etc., de la pólvora, deterioro del gatillo, etc., etc., lo que quiere decir que, en cierto modo, en estos casos, se aporta una prueba *doble* de la causalidad.

Hasta ahora, tanto las ciencias naturales como la filosofía han desdeñado completamente la influencia que la actividad del hombre ejerce sobre su pensamiento y conocen solamente, de una parte, la naturaleza. y de la otra el pensamiento. Pero el fundamento más esencial y más próximo del pensamiento humano es, precisamente, la *transformación de la naturaleza por el hombre,* y no la naturaleza por sí sola, la naturaleza en cuanto tal, y la inteligencia humana ha ido creciendo en la misma proporción en que el hombre iba aprendiendo a transformar la naturaleza. La concepción naturalista de la historia, sostenida, por ejemplo, en mayor o menor medida, por Draper y otros naturalistas, y según la cual es la naturaleza la que influye exclusivamente sobre el hombre, son las condiciones naturales las que condicionan siempre y en todas partes el desarrollo histórico de éste, es, por consiguiente, una concepción unilateral, en la que se olvida que el hombre actúa también, a su vez, de rechazo, sobre la naturaleza, la transforma y se crea nuevas condiciones de existencia. Muy poco, poquísimo, es lo que hoy queda en pie de la "naturaleza" de Alemania en los tiempos de la inmigración de los germanos. Todo en ella ha cambiado hasta lo indecible, la superficie del suelo, el clima, la vegetación, la fauna y los hombres mismos, y todos estos cambios se han producido por obra de la actividad humana, siendo, en cambio, incalculablemente pequeños, insignificantes, los que durante estos siglos se han manifestado en la naturaleza de Alemania sin la intervención del hombre.

*

Acción mutua es lo primero que observamos cuando nos fijamos en la materia en movimiento enfocada en su conjunto, desde el punto de vista de la ciencia actual de la naturaleza. Vemos una serie de formas de movimiento, el movimiento mecánico, el calor, la luz, la electricidad, el magnetismo, la integración y desintegración químicas, los tránsitos de unos estados de agregación a otros, la vida orgánica, estados que, exceptuando *todavía hoy* la vida orgánica, se convierten los unos en los otros, se condicionan mutuamente, son unas veces causa y otras efecto y en los que la suma total del movimiento permanece siempre la misma bajo todas sus cambiantes formas (Spinoza: *la sustancia es causa sui* [causa de sí misma], tesis que expresa palmariamente la acción mutua). El movimiento mecánico se trueca en calor, en electricidad, en magnetismo, en luz, etc., y viceversa. Por donde la ciencia de la naturaleza viene a confirmar lo que Hegel dice (¿dónde?) de que la acción mutua es la verdadera *causa finalis* [causa última] de las cosas. No podemos llegar más allá del

conocimiento de esta acción mutua, sencillamente porque detrás de ella ya no hay nada que conocer. Una vez que conozcamos las formas del movimiento de la materia (para lo que todavía, ciertamente, nos falta muchísimo, teniendo en cuenta el poco tiempo que lleva de existencia la ciencia de la naturaleza), conoceremos la materia misma, con lo que habremos dado cima al conocimiento. (Toda la equivocación de Grove con respecto a la causalidad obedece al hecho de que no acierta a poner en pie la categoría de la acción mutua; ve la cosa, pero no penetra en el pensamiento abstracto; de ahí su confusión, págs. 10-14).[35] Solamente partiendo de esta acción mutua universal podemos llegar a la verdadera relación de causalidad. Para poder comprender los fenómenos sueltos, tenemos que arrancarlos a la trabazón general, considerarlos aisladamente, y es *entonces* cuando se manifiestan los movimientos mutuos, cuando vemos que unos actúan como causa y otros como efecto.[36]

*

Para quien niegue la causalidad, toda ley natural será simplemente una hipótesis, entre otras también el análisis químico de los cuerpos celestes por medio del espectro prismático. ¡Qué superficialidad de pensamiento, quedarse parado ahí![37]

*

Sobre la incapacidad de Nägeli para conocer lo infinito.[38]
***Nägeli,* págs.12, 13.**[39]

Nágeli comienza diciendo que no podemos conocer diferencias realmente cualitativas, y afirma en seguida ¡que estas "diferencias absolutas" no se dan en la naturaleza! (pág. 12).

En primer lugar, toda cualidad contiene un número infinito de gradaciones cuantitativas, por ejemplo matices de color, dureza o blandura, longevidad, etc., las cuales, aunque cualitativamente distintas, son mensurables y cognoscibles.

En segundo lugar, no existen cualidades, sino solamente cosas *dotadas de* cualidades, y el número de éstas es, además, infinito. Dos cosas distintas comparten siempre ciertas cualidades (por lo menos, las de la corporeidad), poseen otras que son gradualmente distintas y otras que se dan en una y de las que la otra carece totalmente. Si comparamos entre sí estas dos cosas radicalmente distintas -por ejemplo, un meteorito y un ser humano-, encontraremos muy poca analogías entre ellas, a lo

sumo que ambas están dotadas de peso y de otras cualidades corpóreas. Pero entre estos dos extremos media una serie infinita de otras cosas y procesos naturales, que nos permiten completar la serie que va del meteorito al hombre, asignar a cada cosa el lugar que le corresponde dentro del conjunto de la naturaleza y, por tanto, *conocerla.* Esto lo reconoce el propio Nágeli.

En tercer lugar, nuestros diferentes sentidos podrían transmitirnos sensaciones absolutamente distintas desde el punto de vista cualitativo. Las cualidades percibidas por nosotros por medio de la vista, del oído, del olfato, del gusto y del tacto serían, según esto, absolutamente distintas. Pero también en este punto van desapareciendo las diferencias, a medida que progresa la investigación. El olfato y el gusto hace ya mucho tiempo que se reconocen como sentidos análogos, relacionados entre sí, que transmiten sensaciones coherentes, por no decir idénticas. La vista y el oído perciben ambos vibraciones de ondas. Y el tacto y el oído se complementan mutuamente de tal modo, que, a la vista de una cosa, podemos con frecuencia predecir las cualidades que esta cosa revelará al tacto. Finalmente, es siempre el mismo yo quien percibe y elabora todas estas diferentes impresiones de los sentidos, reduciéndolas a unidad, a la par que las diferentes impresiones a que nos referimos son suministradas por la misma cosa y aparecen como cualidades *comunes* de ella, que nos ayudan a conocerla. El explicar y reducir a cohesión interna estas diferentes cualidades, asequibles solamente a los diferentes sentidos, constituye cabalmente el cometido de la ciencia, la cual, hasta ahora, no se ha quejado de que, en vez de los cinco sentidos especiales, no poseamos un sentido general o de que no podamos ver o escuchar los gustos y los olores.

Adondequiera que miremos, no encontraremos nunca en la naturaleza esos "campos cualitativa o absolutamente distintos" que se señalan como incomprensibles. Toda la confusión nace de que se confunden la cualidad y la cantidad. Dejándose llevar de la concepción mecanicista corriente, Nágeli sólo considera explicadas todas las diferencias cualitativas en la medida en que se las puede reducir a diferencias cuantitativas (acerca de esto diremos, más adelante, lo necesario) o en cuanto que, respectivamente, cualidad y cantidad representan, para él, categorías absolutamente distintas. Metafísica.

"Sólo podemos conocer lo *finito,* etc."[40] Esto es totalmente cierto en la medida en que sólo entran en el radio de acción de nuestro conocimiento objetos finitos. Pero dicha tesis tiene que completarse del modo siguiente: "En el fondo, sólo podemos conocer lo *infinito*." En realidad, todo conocimiento verdadero y

exhaustivo consiste simplemente en elevarse, en el pensamiento, de lo singular a lo especial y de lo especial a lo universal, en descubrir y fijar lo infinito en lo finito, lo eterno en lo perecedero. Y la forma de lo universal es la forma de lo cerrado dentro de sí mismo y, por tanto, de lo infinito, es la cohesión en lo infinito de las muchas cosas finitas. Sabemos que el cloro y el hidrógeno, dentro de ciertos límites de presión y de temperatura y bajo la acción de la luz, se combinan mediante una explosión para formar el gas ácido clorhídrico, y, al saberlo, sabemos también que esto ocurre *siempre y dondequiera* que se dan dichas condiciones, siendo indiferente el que ello se repita una vez o un millón de veces y en cuantos cuerpos cósmicos ocurra esto. La forma de la universalidad en la naturaleza es la *ley*, y nadie habla tanto como los naturalistas del *carácter eterno de las leyes naturales*. Por tanto, al decir que lo infinito se convierte en algo inescrutable cuando no sólo queremos investigar lo finito, sino que mezclamos en ello, además, lo eterno, Nägeli niega con ello o que las leyes naturales sean cognoscibles o que sean eternas. Todo verdadero conocimiento de la naturaleza es conocimiento de algo eterno, infinito y, por tanto, de algo esencialmente absoluto.

Sin embargo, este conocimiento absoluto tropieza con un importante escollo. Así como la infinitud de la materia cognoscible se halla integrada por una serie de finitudes, la infinitud del pensamiento que conoce de un modo absoluto se halla formada también por un número infinito de mentes humanas finitas, que laboran conjunta o sucesivamente por alcanzar este conocimiento infinito, cometiendo pifias prácticas y teóricas, partiendo de premisas erróneas, unilaterales, falsas, siguiendo derroteros equivocados, torcidos e inseguros y, no pocas veces, sin acertar siquiera a llegar a resultados certeros cuando se dan de bruces con ellos (Priestley).[41] De ahí que el conocimiento de lo infinito se halle bloqueado por dos parapetos de dificultades y sólo pueda lograrse, conforme a su naturaleza, en un progreso infinitamente asintótico. Pero esto es suficiente para que podamos afirmar que lo infinito es tan cognoscible como incognoscible, y eso es todo lo que necesitamos.

No deja de ser cómico que Nägeli diga lo mismo: "Sólo podemos conocer lo finito, pero podemos conocer también *todo lo finito,* que se halle dentro del radio de acción de nuestra percepción sensible."[42] La suma de lo finito que cae dentro del radio de acción, etc., es cabalmente lo infinito, pues *¡de aquí es precisamente de donde toma Nägeli su idea de lo infinito!* ¡ Sin esto finito, etc., no podría llegar a formarse idea alguna de lo infinito!

(Sobre lo infinito malo en cuanto tal hablaremos en otra parte.)

Antes de proceder a esta investigación sobre lo infinito, tratar lo siguiente

1) Del "campo insignificante" en cuanto a espacio y tiempo.

2) Del "desarrollo probablemente defectuoso de los órganos de los sentidos".

3) De que "sólo podemos conocer lo finito, lo cambiante y lo perecedero, lo gradualmente distinto y relativo, ya que nos limitamos a aplicar conceptos matemáticos a las cosas naturales y sólo podemos juzgar éstas ateniéndonos a las medidas que encontramos en las mismas. Carecemos de representaciones para todo lo infinito o eterno, para todo lo constante, para todas las diferencias absolutas. Sabemos exactamente lo que significa una hora, un metro, un kilogramo, pero ignoramos lo que son el tiempo, el espacio, la fuerza y la materia, la quietud y el movimiento, la causa y el efecto".[43]

Es la historia de siempre. Primero, se reducen las cosas sensibles a abstracciones, y luego se las quiere conocer por medio de los sentidos, ver el tiempo y oler el espacio. El empírico se entrega tan de lleno al hábito de la experiencia empírica, que hasta cuando maneja abstracciones cree moverse en el campo de la experiencia sensible. ¡Sabemos lo que es una hora o un metro, pero no lo que es el tiempo o el espacio! ¡Como si el tiempo fuese otra cosa que una serie de horas, o el espacio otra cosa que una serie de metros cúbicos! Las dos formas de existencia de la materia no son, naturalmente, nada sin la materia, solamente ideas vacuas, abstracciones que sólo existen en nuestra cabeza. ¡Y se dice que no sabemos tampoco qué son la materia y el movimiento! ¡Naturalmente que no, pues hasta ahora nadie ha visto o percibido de cualquier otro modo la materia en cuanto tal o el movimiento en cuanto tal, sino solamente las diferentes materias y formas de movimiento que realmente existen! La materia no es otra cosa que el conjunto de materias de que se abstrae ese concepto; el movimiento en cuanto tal es simplemente el conjunto de todas las formas de movimiento perceptibles por medio de los sentidos; palabras como materia y movimiento son, sencillamente, *abreviaturas* en las que condensamos muchas cosas diferentes perceptibles por los sentidos, tomando sus cualidades comunes. Por tanto, sólo *podemos* conocer la materia y el movimiento investigando las diferentes materias y formas de movimiento que existen, y a medida que las conocemos vamos conociendo también, *pro tanto* [en la misma medida], la materia y el movimiento *en cuanto tales.* Por tanto, cuando Nägeli dice que no sabemos lo que es el tiempo, el espacio, la materia, el movimiento, la causa o el efecto, se limita a decir que nuestras cabezas reducen a abstracciones el mundo real y que luego son incapaces para

reconocer estas abstracciones creadas por ellas mismas, porque se trata de cosas discursivas, y no de cosas sensibles, y el conocer no es, según él, sino el *¡medir con los sentidos!*[44] Exactamente la misma dificultad con que tropezamos en Hegel: ¡podemos comer cerezas o ciruelas, pero no *fruta,* ya que, hasta hoy, nadie ha comido nunca fruta en cuanto tal![45]

——

Cuando Nägeli afirma que probablemente existen en la naturaleza multitud de formas de movimiento que no podemos percibir por medio de nuestros sentidos, nos da una *pauvre* [pobre] excusa, que equivale a suprimir, *por lo menos para nuestro conocimiento,* la ley de la increabilidad del movimiento. En efecto, esas formas ¡pueden *convertirse en movimiento perceptible para nosotros!* De ese modo, se explicaría fácilmente, por ejemplo, la electricidad de contacto.

*

Ad vocem [a propósito de] Nägeli[46] Inaprehensibilidad de lo infinito. Cuando decimos que materia y movimiento no son creados y son indestructibles, decimos que el mundo existe como un progreso infinito, es decir, bajo la forma de lo infinito malo, con lo cual hemos comprendido todo lo que había que comprender de este progreso. A lo sumo, cabrá preguntarse, además, si este progreso es -en grandes ciclos- una repetición eterna de lo mismo o si los ciclos tienen ramas descendentes v ascendentes.

*

Lo infinito malo.[47] Lo verdadero, situado ya certeramente por Hegel en el espacio y el tiempo *llenos,* en el proceso de la naturaleza y en la historia. Ahora, toda la naturaleza se disuelve también en historia, y la historia sólo se diferencia de la historia de la naturaleza en cuanto proceso de desarrollo de organismos *conscientes de sí mismos.* Esta diversidad infinita de naturaleza e historia lleva en sí lo infinito del espacio y el tiempo -lo infinito malo- solamente como un momento superado, momento ciertamente esencial, pero no predominante. El límite extremo de nuestra ciencia de la naturaleza es, hasta ahora, *nuestro* universo, y para comprender la naturaleza no necesitamos de la infinita muchedumbre de universos existentes fuera de ella. Más aún, solamente *un sol* de entre los millones de soles y sus sistemas constituyen la base esencial de nuestras investigaciones astronómicas. Para la mecánica terrestre, la física y la química nos hallamos más o menos circunscritos a nuestra pequeña tierra, y en lo que a la ciencia orgánica se refiere nos vemos totalmente limitados a ella. Y, sin embargo, esto en nada menoscaba

esencialmente a la variedad prácticamente infinita de los fenómenos y de nuestros conocimientos de la naturaleza, como tampoco la menoscaba, en cuanto a la historia, la misma y aun mayor limitación a un período de tiempo relativamente corto y a una pequeña parte de la tierra.

*

1) Para Hegel, el progreso infinito es una árida monotonía, pues sólo se presenta como la *eterna repetición de lo mismo*: 1 + 1 + 1, etc.

2) Pero, en realidad, no es tal repetición, sino desarrollo, progreso o retroceso, con lo que se convierte necesariamente en forma de movimiento. Aparte del hecho de que no es infinito: ya ahora es posible prever el final del período de vida de la tierra. Y, además, la tierra no es el mundo todo. En el sistema hegeliano, queda excluido todo desarrollo en cuanto a la historia de la naturaleza en el tiempo, ya que, de otro modo, la naturaleza no sería el ser fuera de sí del espíritu. Pero, en la historia humana, el progreso infinito de Hegel se reconoce como la única forma verdadera de existencia del "espíritu", aunque se supone fantásticamente que este desarrollo encuentra su fin... en la creación de la filosofía hegeliana.

3) Existe también el conocimiento infinito:* Questa infinità che le cose non hanno in progresso, la hanno in giro [Esta infinitud que las cosas no tienen en el progreso, la tienen en el giro].[49] Así, pues, la ley de los cambios de forma del movimiento es una ley infinita, que se encierra y resume en sí misma. Pero tales infinitudes llevan consigo, a su vez, la finitud y sólo se presentan fragmentariamente. Así, también, $1/r^2$.[50]

*

Las *leyes naturales eternas* van convirtiéndose cada vez más en leyes históricas. El que el agua se mantiene fluida de los 0° a los 100° constituye una ley natural eterna, pero para que pueda cobrar vigencia tienen que concurrir los siguientes factores: 1) el agua; 2) la temperatura dada, y 3) la presión normal. En la luna no existe agua, en el sol existen solamente sus elementos: para estos cuerpos celestes no rige, pues, la ley.

Las leyes meteorológicas son también leyes eternas, pero solamente para la tierra o para un planeta de la magnitud, la densidad, la inclinación del eje y la temperatura de la tierra, y siempre y cuando que tenga una atmósfera hecha de la misma

* *En el manuscrito aparece aquí la siguiente adición de Engels:* "(Cantidad. pág. 259. Astronomía)."[48] (*N. del ed*).

mezcla de oxígeno y nitrógeno y de las mismas cantidades de vapor de agua sujeto a evaporación y precipitación. La luna no tiene atmósfera y la atmósfera del sol está formada por vapores metálicos ardientes; por tanto, la primera carece de meteorología y el segundo tiene una meteorología completamente distinta de la nuestra.

Toda nuestra física, nuestra química y nuestra biología oficiales son exclusivamente *geocéntricas,* sólo están calculadas para la tierra. Desconocemos aún totalmente las condiciones de la tensión eléctrica y magnética en el sol, en las estrellas fijas y en las nebulosas, e incluso en los planetas de otra densidad que el nuestro. En el sol, debido a la alta temperatura, quedan en suspenso o sólo rigen momentáneamente dentro de los límites de la atmósfera solar las leyes de la combinación química de los elementos, y las combinaciones vuelven a disociarse cuando se acercan al sol. La química del sol apenas está comenzando y es por fuerza totalmente distinta de la química de la tierra; no echa por tierra ésta, pero es diferente de ella. En las nebulosas tal vez no existan ni siquiera aquellos de los 65 elementos que posiblemente tienen por sí mismos una naturaleza compleja. Si, por tanto, queremos hablar de las leyes naturales universales aplicables por igual a *todos* los cuerpos - desde la nebulosa hasta el hombre-, sólo podremos referirnos a la ley de la gravedad y tal vez a la versión más general de la teoría de la transformación de la energía, vulgo la teoría mecánica del calor. Pero, al aplicarse de un modo general y consecuente a todos los fenómenos naturales, esta misma teoría se convierte en una exposición histórica de los cambios que van sucediéndose en un sistema del universo desde que nace hasta que desaparece y, por tanto, en una historia en cada una de cuyas fases rigen otras leyes, es decir, otras formas de manifestarse el mismo movimiento universal, lo que quiere decir que lo único absolutamente universal que permanece es el *movimiento.*[51]

*

En astronomía, el punto de vista *geocéntrico* es limitado y se ha dejado a un lado, con razón. Pero, a medida que vamos avanzando en la investigación, se hace valer más y más. El sol, etc., *sirven* a la tierra (Hegel, *Filosofía de la naturaleza,* pág. 155).[52] (Todo el voluminoso sol existe simplemente en aras de los pequeños planetas.) Para nosotros, es imposible una física, una química, una biología, una meteorología, etc., que no sean geocéntricas, y no pierden nada porque se diga que sólo sirven para la tierra y que son, por tanto, puramente relativas. Si tomáramos esto en serio y exigiéramos una ciencia carente de centro, *toda* la

ciencia se paralizaría. [Nos basta con] saber que en igualdad de circunstancias en todas partes [ocurre...] lo mismo.[53]

*

Conocimiento.[54] Las hormigas tienen ojos distintos de los nuestros, que les permiten ver los rayos químicos (?) de la luz *(Nature*, 8 de junio de 1882, Lubbock),[55] pero nosotros hemos llegado mucho más allá que las hormigas en el conocimiento de esos rayos, para nosotros invisibles, y el solo hecho de que podamos demostrar *que* las hormigas ven cosas para nosotros invisibles y el que esta demostración se base toda ella en percepciones logradas por medio de *nuestros* ojos revela que la construcción especial del ojo del hombre no constituye un límite absoluto para el conocimiento humano.

A lo que percibe nuestro ojo vienen a unirse no sólo las percepciones de los otros sentidos, sino también nuestra actividad discursiva. Y con ésta ocurre, a su vez, exactamente lo mismo que con el ojo. Para saber lo que nuestro pensamiento puede penetrar, de nada sirve, cien años después de Kant, tratar de descubrir cuál es el alcance del pensamiento, partiendo de la crítica de la razón, de la investigación del instrumento por medio del cual conocemos; como tampoco sirve de nada el que Helmholtz señale los defectos de nuestra visión (defectos, por otra parte, necesarios, ya que un ojo que viera todos los rayos sería como si no viese *ninguno),* considerando la estructura de nuestro ojo, que mantiene la visión dentro de determinados límites y sin reproducir tampoco, dentro de éstos, fielmente la realidad, como una prueba de que el ojo nos informa de un modo falso o inseguro de la realidad de lo que vemos. Lo que nuestro pensamiento es capaz de penetrar lo averiguamos más bien a base de lo que ya ha penetrado hasta ahora y de lo que penetra todos los días. Resultados que son ya, indudablemente, muy notables, lo mismo en cuanto a la cantidad que en cuanto a la cualidad. En cambio, sí es muy necesaria la investigación de las formas discursivas, de las determinaciones del pensamiento, que Hegel ha sido, después de Aristóteles, el único que ha abordado de un modo sistemático.

Claro está que jamás llegaremos a saber *cómo* ven los rayos químicos las hormigas. Y a quien eso le torture, no vemos qué remedio podemos ofrecerle.

*

La forma en que se desarrollan las ciencias naturales, cuando piensan, es la *hipótesis.* Se observan nuevos hechos, que vienen a

hacer imposible el tipo de explicación que hasta ahora se daba de los hechos pertenecientes al mismo grupo. A partir de este momento, se hace necesario recurrir a explicaciones de un nuevo tipo, al principio basadas solamente en un número limitado de hechos y observaciones. Hasta que el nuevo material de observación depura estas hipótesis, elimina unas y corrige otras y llega, por último, a establecerse la ley en toda su pureza. Aguardar a reunir el material para la ley de un modo *puro,* equivaldría a dejar en suspenso hasta entonces la investigación pensante, y por este camino jamás llegaría a manifestarse la ley.

La abundancia de las hipótesis que se abren paso aquí y la sustitución de unas por otras sugieren fácilmente -cuando el naturalista no tiene una previa formación lógica y dialéctica- la idea de que no podemos llegar a conocer la *esencia* de las cosas (Haller y Goethe).[56] Pero esto no es peculiar y característico de las ciencias naturales, pues todo el conocimiento humano se desarrolla siguiendo una curva muy sinuosa y también en las disciplinas históricas, incluyendo la filosofía, vemos cómo las teorías se desplazan unas a otras, pero sin que de aquí se le ocurra a nadie concluir que la lógica formal sea un disparate.

La forma última que adopta esta concepción es la de la "cosa en sí". Este fallo según el cual no podemos llegar a conocer la cosa en sí (Hegel, *Enciclopedia*, § 44),[57] pasa en primer lugar del campo de la ciencia al de la fantasía. En segundo lugar, no añade ni una sola palabra a nuestro conocimiento científico, ya que si no podemos ocuparnos de las cosas, es como si éstas no existiesen para nosotros. Y, en tercer lugar, se trata de una simple frase que jamás se aplica. Considerada en abstracto. suena de un modo completamente racional. Pero tratemos de aplicarla. ¿Qué pensaríamos del zoólogo que dijera: "El perro *parece* tener cuatro patas, pero no sabemos si en realidad tiene 4 millones de patas o no tiene ninguna"? ¿O del matemático que empezara definiendo el triángulo como formado por tres lados, para decir a renglón seguido que no sabe si tiene tres o veinticinco? ¿O que dijera que 2 X 2 *parecen* ser 4? Pero los naturalistas se guardan mucho de aplicar en sus ciencias la frase de la cosa en sí, y sólo se permiten hacerlo cuando se lanzan por los campos de la filosofía. Lo cual es la mejor prueba de cuán poco en serio lo toman y de cuán poco valor tiene esta frase, en sí misma. En efecto, si la tomaran en serio, a quoi bon [¿para qué?] pararse a investigar nada?

Desde el punto de vista histórico, podría tener la cosa cierto sentido: el de que sólo podemos llegar a conocer bajo las condiciones de la época en que vivimos y *dentro de los ámbitos de estas condiciones.*[58]

Cosa en sí:[59] Hegel, *Lógica,* II, pág. 10, y más tarde todo un capítulo acerca de esto:[60] "El escepticismo no se atrevía a decir que *algo es;* el idealismo moderno" (es decir, el de Kant y Fichte) "no se permite considerar los conocimientos como el saber acerca de la cosa en sí*... Pero, al mismo tiempo, el escepticismo admitía múltiples determinaciones de su apariencia o, mejor dicho, su apariencia presentaba como contenido toda la múltiple riqueza del mundo. Y, asimismo, el *fenómeno*[62] del idealismo" (es decir, what Idealism calls [lo que el idealismo llama] fenómeno) "entraña toda la extensión de esta múltiple determinabilidad... Este contenido puede, por tanto, no basarse en ningún ser, ningún objeto o ninguna cosa en sí; *permanece él por sí mismo tal y como es; no se ha hecho más que transferirlo del ser al manifestarse".* Como se ve, Hegel se revela aquí como un materialista mucho más resuelto que los modernos naturalistas.

*

Valiosa autocrítica de la *cosa en sí* de Kant, [la cual revela] que Kant se estrella también contra el yo pensante, en el que descubre también una cosa en sí incognoscible (Hegel, V, págs. 256 s.).[63]

**Al margen del manuscrito encontramos estas notas: "Cfr. Enciclopedia*, t. I, pág. 252."[61] Ed.

[FORMAS DE MOVIMIENTO DE LA MATERIA. CLASIFICACION DE LAS CIENCIAS]

*

Causa finalis [causa última]: la materia y el movimiento inherente a ella. Esta materia *no es ninguna abstracción.* Ya en el sol vemos cómo aparecen las diferentes sustancias disociadas e indistintas en cuanto a sus efectos. Pero, *en la bola de gas de la nebulosa,* todas las sustancias, aun cuando existan separadas, *desapareciendo como tales en la pura materia,* actúan solamente en cuanto materia, no con sus propiedades específicas.

(Por lo demás, ya en Hegel nos encontramos con que la contraposición entre *causa efficiens* (causa eficiente) y *causa finalis* se supera en la acción mutua).[1]

*

Materia primigeni.[2] "La concepción de la materia como lo originario y de por sí carente de forma es muy antigua y ya la encontramos en los griegos, primeramente bajo la forma mítica del caos, concebido como la base informe del universo existente" (Hegel, *Enciclopedia*, I, pág. 258).[3] Con este caos volvemos a encontrarnos en Laplace, y sobre poco más o menos en la nebulosa, en la que se nos presenta también solamente un *comienzo* de forma. Después viene la diferenciación.

*

Generalmente, se acepta que la *gravedad* constituye la *determinación más general de la materialidad*. Lo que vale tanto como decir que la atracción es una propiedad necesaria de la materia, pero no así la repulsión. Pero atracción y repulsión son tan inseparables la una de la otra como lo positivo y lo negativo, razón por la cual podemos ya predecir, partiendo de la dialéctica, que la verdadera teoría de la materia asignará a la repulsión un lugar tan importante como a la atracción y que una teoría de la materia basada simplemente en la atracción es falsa, insuficiente, a medias. Existen, en realidad, bastantes fenómenos que así lo demuestran. No es posible prescindir del éter, aunque sólo sea por razón de la luz. ¿Es el éter algo material? Si *existe,* tiene que ser algo material, entrar en el concepto de materia. Pero carece de gravedad. Se

concede que las colas de los cometas tienen un carácter material. Revelan una poderosa fuerza de repulsión. El calor, en el gas; engendra repulsión, etc.[4]

*

Atracción y gravitación.[5] Toda la teoría de la gravitación descansa sobre la tesis de que la atracción es la esencia de la materia. Afirmación necesariamente falsa. Donde existe atracción, tiene que complementarla necesariamente la repulsión. De ahí que ya Hegel afirme con toda exactitud que la esencia de la materia es la atracción y la repulsión.[6] Y, en efecto, va imponiéndose cada vez más la necesidad de comprender que la desintegración de la materia llega a un límite en que la atracción se trueca en repulsión y, a la inversa, la condensación de la materia repelida a otro en que se convierte en atracción.[7]

*

En Hegel, el trueque de la atracción en repulsión presenta un carácter místico, pero, en cuanto al fondo del problema, Hegel se anticipa a los descubrimientos posteriores de las ciencias naturales. Ya en el gas encontramos la repulsión de las moléculas, y más aún [en] la materia sujeta a una división todavía más fina, por ejemplo en las colas de los cometas, donde desarrolla incluso una fuerza enorme. Hegel se muestra genial hasta en el hecho de considerar la atracción como lo secundario, derivado de la repulsión, viendo en ésta lo anterior: un sistema solar sólo se forma mediante el gradual predominio de la atracción sobre la repulsión, que originariamente predominaba. Extensión por medio del calor = repulsión. Teoría cinética del gas.[8]

*

Divísibilidad de la materia.[9] Este problema es indiferente para la ciencia. Sabemos que en química existe un determinado límite de divisibilidad más allá del cual los cuerpos ya no pueden actuar químicamente -el átomo- y que varios átomos se combinan siempre para formar la molécula. Y lo mismo en física: también aquí nos vemos obligados a admitir desde el punto de vista de las consideraciones físicas- partículas ya indivisibles, cuya estratificación condiciona la forma y la cohesión de los cuerpos, cuyas vibraciones se manifiestan en el calor, etc. Pero nada sabemos, hasta ahora, de si la molécula física y la química son idénticas o diferentes.

Hegel sale del paso ante este problema con excesiva facilidad al decir que la materia es ambas cosas, divisible y continua, y al mismo tiempo, ninguna de las dos,[10] lo que no es ninguna respuesta, pero que hoy se halla casi demostrado (véase pliego 5, 3, *infra:* Clausius),[11]

*

Divisibilidad. Los mamíferos son indivisibles, el reptil puede emitir una pata. -Las ondas del éter son divisibles y mensurables hasta lo infinitamente pequeño.- Todo cuerpo es, prácticamente, divisible, dentro de ciertos límites, por ej. en la química.[12]

*

"Su esencia (la del movimiento) está en ser la unidad inmediata del espacio y el tiempo..., no hay movimiento sin tiempo y espacio; la velocidad, la cantidad de movimiento, es el espacio en proporción al tiempo determinado que ha transcurrido" ([Hegel], *Filosofía de la Naturaleza,* pág. 65.)[13] "... Espacio y tiempo se hallan llenos de materia... Y así como no hay movimiento sin materia, no hay tampoco materia, sin movimiento" (pág. 67).[14]

*

La indestructibilidad del movimiento, en el principio de *Descartes,* según el cual *en el universo se conserva siempre la misma cantidad de movimiento.* Los naturalistas expresan esto de un modo imperfecto, llamándolo la "indestructibilidad de la fuerza". También es insuficiente la expresión puramente cuantitativa de Descartes: el movimiento en cuanto tal, en cuanto manifestación esencial o forma de existencia de la materia, indestructible como esta misma: en ello va implícito lo cuantitativo. También en esto se ven, por tanto, confirmadas las ideas del filósofo, al cabo de doscientos años de investigación de la naturaleza."[15]

*

Indestructibilidad del movimiento.[16] Un bonito pasaje, en Grove, págs. 20 ss.[17]

*

Movimiento y equilibrio.[18] El equilibrio, inseparable del movimiento.* En el movimiento de los cuerpos cósmicos, se da el *movimiento en el equilibrio* y el *equilibrio en el movimiento* (relativo). Pero todo movimiento específicamente relativo, es decir, aquí, todo movimiento propio de cuerpos sueltos sobre un cuerpo

* *Encima de esta línea, en la parte de arriba de esta hoja del manuscrito, aparece escrito a lápiz:* "Equilibrio = predominio de la atracción sobre la repulsión." (*N. del ed.)*

cósmico en movimiento, tiende a la quietud relativa, al equilibrio. La posibilidad de la quietud relativa de los cuerpos, la posibilidad de estados temporales de equilibrio, es condición esencial para la diferenciación de la materia y, por tanto, de la vida. En el sol no se da equilibrio alguno de las distintas sustancias, sino solamente de la masa en su totalidad, o se da solamente un equilibrio muy pequeño, condicionado por importantes diferencias de densidad; en la superficie, eterno movimiento e inquietud, disociación. En la luna parece reunir exclusivamente el equilibrio, sin ningún movimiento relativo: muerte (luna = negatividad). En la tierra, el movimiento se ha diferenciado en el cambio de movimiento y equilibrio: todo movimiento suelto tiende al equilibrio, y la masa del movimiento se sobrepone nuevamente al equilibrio. La roca se halla en quietud, pero la intemperie y la acción de las olas del mar, de los ríos y de los glaciares se encargan de destruir constantemente ese equilibrio. La evaporación y la lluvia, el viento y el calor, los fenómenos eléctricos y magnéticos brindan el mismo espectáculo. Finalmente, en el organismo vivo observamos el movimiento constante tanto de las partículas más pequeñas como de los órganos grandes, que, durante el período normal de la vida, dan como resultado el equilibrio continuo de todo el organismo, el cual se mantiene, sin embargo, constantemente en movimiento, como unidad viva de movimiento y equilibrio.

Todo equilibrio es puramente relativo y temporal.

*

1) Movimiento de los cuerpos celestes. Equilibrio aproximado de atracción y repulsión en el movimiento.

2) Movimiento en un cuerpo celeste. Masa. En la medida en que el movimiento responde a causas puramente mecánicas, también equilibrio. Las masas, en quietud sobre sus fundamentos. En la luna, esta quietud es, al parecer, casi completa. La atracción mecánica ha superado a la repulsión mecánica. Desde el punto de vista de la mecánica pura, no sabemos qué se ha hecho de la repulsión, y la mecánica pura no explica tampoco de dónde provienen las "fuerzas" con las que, sin embargo, en la tierra por ejemplo, se mueven las masas contra la gravedad. Esa mecánica se atiene sencillamente a los hechos como a algo dado. Aquí, por tanto, sólo vemos que el movimiento de repulsión, el desplazamiento que aleja a los cuerpos de lugar, se comunica de una masa a otra, siendo iguales la atracción y la repulsión.

3) Pero la enorme masa de todo el movimiento sobre la tierra es la transformación de una forma de movimiento en otra -del

movimiento mecánico en calor, en electricidad, en movimiento químico- y de cada una en la otra; por tanto, o bien [19] trueque de la atracción en repulsión, del movimiento mecánico en calor, en electricidad, disociación química (el trueque es la conversión en calor del movimiento mecánico originariamente ascendente, y no del descendente, pues esto no pasa de ser una apariencia) [-o trueque de la repulsión en atracción].

4) Toda la energía que hoy actúa sobre la tierra es calor solar transformado.[20]

Movimiento mecánico.[21] Los naturalistas consideran siempre el movimiento como algo evidentemente igual al movimiento mecánico, al desplazamiento de lugar. Esta manera de ver, heredada del siglo XVIII, anterior a la química, entorpece mucho la clara concepción de los procesos. El movimiento, aplicado a la materia, es *cambio en general.* A la misma falsa concepción responde también la furia con que se quiere reducir todo a movimiento mecánico, y ya Grove "se inclina considerablemente a pensar que las demás manifestaciones de la materia... están reconocidas o serán reconocidas a la postre... como modalidades de movimiento" (pág. 16),[22] lo que embrolla el carácter específico de las otras formas del movimiento. Esto no quiere decir que cada una de las formas superiores de movimiento no se halle siempre y necesariamente unida a un movimiento realmente mecánico (externo o molecular), exactamente lo mismo que las formas superiores de movimiento producen simultáneamente otras y como la acción química no puede darse sin un cambio de temperatura o un cambio eléctrico, la vida orgánica sin un cambio mecánico, molecular, químico, eléctrico, térmico, etc. Pero la presencia de estas formas accesorias no agota nunca la esencia de la que en cada caso es la forma principal. No cabe duda de que podemos "reducir" experimentalmente el pensamiento a los movimientos moleculares y químicos del cerebro, ¿pero acaso agotamos con ello la esencia del pensamiento?

*

Dialéctica de las ciencias naturales:[23] su objeto: la materia en movimiento. A su vez, los diferentes tipos y formas de materia sólo pueden conocerse por medio del movimiento; solamente en éste se revelan las cualidades de los cuerpos, pues de un cuerpo que no se mueve no puede decirse nada. La contextura de los cuerpos que se mueven se desprende, pues, de las formas del movimiento.

1) La primera y más simple forma de movimiento es el movimiento mecánico, el simple desplazamiento de lugar.

a) El movimiento de un cuerpo solo no existe, sólo se da relativamente [hablando].[24]

b) Movimiento de cuerpos separados: trayectoria, astronomía -equilibrio aparente- termina siempre en *contacto.*

c) Movimiento de cuerpos que se tocan, en relación los unos con los otros - presión. Estática. Hidrostática y gases. La palanca y otras formas de la mecánica propiamente dicha, todas las cuales, bajo sus formas más simples de contacto, se reducen a la fricción y el choque, que sólo difieren entre sí en cuanto al grado. Pero la fricción y el choque, in fact [de hecho] contacto, producen también otros efectos, que los naturalistas no señalan aquí: producen, en ciertas circunstancias, sonido, calor, luz, electricidad, magnetismo.

2) Estas diversas fuerzas (exceptuando el sonido) -física, de los cuerpos celestes-

a) se convierten las unas en las otras y se complementan mutuamente, y

b) mediante cierto desarrollo cuantitativo de cada fuerza, desarrollo que difiere para cada cuerpo, al aplicarse a los cuerpos, ya se trate de cuerpos químicamente compuestos o de varios químicamente simples, se producen cambios *químicos,* y entramos en el campo de la química. Química de los cuerpos celestes. La cristalografía, parte de la química.

3) La física debía o podía pasar por alto el cuerpo orgánico vivo, pero la química encuentra en la investigación de las síntesis orgánicas la clave real para llegar a comprender la verdadera naturaleza de los cuerpos más importantes y presupone, por otra parte, cuerpos que sólo se dan en la naturaleza orgánica. Aquí, la química conduce a la vida orgánica y se ha desarrollado ya lo bastante para poder asegurarnos que *solamente* ella nos explicará los tránsitos dialécticos que se operan en el organismo.

4)Pero el tránsito *real* se opera en la historia -del sistema solar,de la tierra, que es la premisa *real* de la naturaleza orgánica-.

5) Naturaleza orgánica.

*

La *clasificación de las ciencias,* cada una de las cuales analiza una forma específica de movimiento o una serie de formas de movimiento coherentes y que se truecan las unas en las otras, es, por tanto, la clasificación, la ordenación en su sucesión inherente, de estas mismas formas de movimiento, y en ello reside su importancia.

*

A fines del siglo pasado [XVIII], después de los materialistas

franceses,que eran predominantemente mecanicistas, se manifestó la necesidad de *resumir enciclopédicamente* todas las ciencias naturales de la *vieja* escuela de Newton y Linneo, y a esta tarea se entregaron dos de los hombres más geniales, *St. Simon* (que no le dio cima) *y* *Hegel.* Hoy completada ya en sus rasgos fundamentales la nueva concepción de la naturaleza, se hace sentir la misma necesidad y se observan intentos encaminados en el mismo sentido. Pero ahora se ha demostrado que en la naturaleza existe una cohesión evolutiva general, por lo cual ya no basta la simple trabazón externa, como tampoco bastan las transiciones dialécticas artificiosamente construidas por Hegel. Ahora, las transiciones tienen que operarse por sí mismas, tienen que ser transiciones naturales. Así como una forma de movimiento se desarrolla partiendo de otra, así también tienen que brotar de un modo necesario, una de la otra, sus imágenes reflejas, las diferentes ciencias.[25]

*

Cómo Comte no pudo ser el autor de su clasificación enciclopédica de las ciencias naturales, que había copiado de St. Simon, lo demuestra ya el solo hecho de que no tuviera [en] él otra finalidad que la de *ordenar los medios y los planes de enseñanza,* conduciendo con ello a la insensata enseñanza integral, en la que se agota siempre una ciencia antes de asomarse siquiera a la otra y en la que se exagera matemáticamente hasta el absurdo una idea en el fondo acertada.[26]

*

La división hegeliana (la originaria) en mecanismo, quimismo y organismo[27] era completa para su tiempo. Mecanismo: el movimiento de masas; quimismo: el movimiento molecular (pues aquí se incluía también la química, y ambas, física y química, pertenecen al mismo orden) y el movimiento atómico; organismo: el movimiento de los cuerpos, en el que ambos son inseparables. El organismo es, en efecto, sin duda alguna, *la unidad superior , que agrupa en un todo la mecánica, la física y la química,* y en la que la trinidad es inseparable. En el organismo, el movimiento mecánico es producido directamente por los cambios físicos y químicos, por la nutrición, la respiración, la secreción, etc., 1o mismo que por el puro movimiento muscular.

Cada grupo es, a su vez, doble.

Mecánica: 1) celeste, y 2) terrestre.

Movimiento molecular: 1) física, y 2) química.

Organismo: 1) planta, y 2) animal.

*

Fisiografía.[28] Después de pasar de la química a la vida, hay que desarrollar, ante todo, las condiciones en que la vida ha surgido

y existe, comenzando por la geología, tras la cual vienen la meteorología y todo lo demás. Luego se estudian las diferentes formas de vida mismas, las cuales serían, en rigor, incomprensibles sin lo anterior.

*

SOBRE LA CONCEPCIÓN "MECANICISTA" DE LA NATURALEZA .[29]

A pág. 46:[30] *las diferentes formas de movimiento y las ciencias que las estudian.*

Desde la publicación del anterior artículo *(Vorwärts*, 9 de febrero de 1877),[31] Kekulé *(Die wissenschaftlichen Ziele und Leistungen der Chemie)*[32] ha determinado en términos muy semejantes la mecánica, la física y la química: "Tomando como base esta concepción acerca de la naturaleza de la materia, podemos definir la química como la *ciencia de los átomos y* la física como la *ciencia de las moléculas,* en cuyo caso será lógico separar como disciplina especial la parte de la física actual que trata de las *masas* y reservar para ella el nombre de *mecánica.* La mecánica aparece así como la ciencia sobre que descansan la física y la química, por cuanto que ambas, en ciertas consideraciones y, sobre todo, en ciertos cálculos, tienen que considerar a sus moléculas o a sus átomos como masas."[33] Esta concepción, como se ve, sólo se distingue de la que se expone en el texto [34] y en la nota anterior [35] por el hecho de ser un poco menos precisa. Pero una revista inglesa *(Nature)* tradujo la tesis de Kekulé formulada más arriba a otro lenguaje, diciendo que la mecánica era la estática y la dinámica de las masas, la física la estática y la dinámica de las moléculas y la química la estática y la dinámica de los átomos,"' pero a mí me parece que esta reducción incondicional incluso de los procesos químicos a procesos puramente mecánicos estrecha indebidamente por lo menos el campo de la química. No obstante lo cual se ha puesto de moda hasta el punto de que Haeckel, por ejemplo, emplea constantemente como sinónimos los términos de "mecánico" y "monista" y, según él, "la fisiología actual... sólo admite dentro de su campo... la acción de fuerzas fisicoquímicas o, dicho *en un sentido amplio*, mecánicas *(Perigenesis)*.[37]

Cuando yo digo que la física es la mecánica de la molécula, la química la física del átomo y la biología la química de la proteína, trato de expresar con ello la transición de cada una de estas ciencias a la otra y, por consiguiente, tanto la trabazón, la continuidad, como

la diferencia, la discreción, entre una y otra. Pero no me parece que sea admisible ir más allá, considerando la química también como una especie de mecánica. La mecánica en sentido amplio o en sentido estricto conoce solamente cantidades, calcula a base de velocidades y masas y, a lo sumo, de volúmenes. Y allí donde, como en la hidrostática y en la aerostática; le sale al paso la cualidad de los cuerpos, no puede resolver los problemas sin entrar en los estados y los movimientos moleculares, convirtiéndose en una ciencia puramente auxiliar, en una premisa de la física. Ahora bien, en la física, y más aún en la química, no sólo se producen constantemente cambios cualitativos, como consecuencia de los cambios cuantitativos, trueques de cantidad en cualidad, sino que se presentan a estudio, además, gran cantidad de cambios cualitativos de los que no está demostrado en modo alguno que se hallen condicionados por cambios cuantitativos. No hay inconveniente alguno en reconocer que la corriente actual de la ciencia se mueve en esta dirección, pero esto no demuestra que sólo y exclusivamente ella sea la acertada, que el ajustarse a esta corriente *agote* la totalidad de la física y de la química. Todo movimiento entraña movimiento mecánico, desplazamiento de lugar de las mayores o menores porciones de la materia, y la ciencia tiene como *primer* deber, pero solamente el *primero,* conocer esto. Pero ello no quiere decir que el movimiento en general se reduzca, ni mucho menos, a este movimiento mecánico. El movimiento es algo más que el simple desplazamiento de lugar; en los campos que se hallan por encima de la mecánica es también cambio de cualidad. El descubrimiento de que el calor es un movimiento molecular sentó época. Pero si lo único que supiéramos decir del calor fuera que es cierto desplazamiento de lugar de las moléculas, valdría más que nos calláramos. La química parece estar en el mejor de los caminos para explicar toda una serie de las propiedades físicas y químicas de los elementos, partiendo de la relación que existe entre el volumen y el peso atómicos. Pero a ningún químico se le ocurrirá afirmar que puedan expresarse exhaustivamente todas las propiedades de un elemento mediante el lugar que ocupe en la curva de Lothar Meyer,[38] que con ello sólo se expliquen, por ejemplo, la estructura peculiar del carbono, que hace de él un portador esencial de la vida orgánica, o la necesidad de la existencia de fósforo en el cerebro. Y, sin embargo, a eso y no a otra cosa tiende la concepción "mecanicista". Esta explica todos los cambios a base del desplazamiento de lugar, todas las diferencias cualitativas a base de las diferencias cuantitativas, y pasa por alto el hecho de que las relaciones entre cualidad y cantidad son recíprocas, de que la cualidad se trueca en cantidad lo mismo que se trueca la cantidad en cualidad, que se trata de una acción mutua. Si todas las diferencias

y todos los cambios de cualidad pudieran reducirse a diferencias y cambios cuantitativos, a desplazamientos de lugar, llegaríamos necesariamente a la conclusión de que toda la materia se halla formada por partículas pequeñísimas *idénticas* y de que todas las diferencias cualitativas que se dan en los elementos químicos de la materia están determinadas por las diferencias cuantitativas en cuanto al número y a la agrupación local de estas partículas mínimas para formar átomos. Pero a semejante resultado no hemos llegado todavía, ni mucho menos.

Es la ignorancia en que nuestros actuales naturalistas se hallan con respecto a toda filosofía que no sea la más trillada filosofía vulgar que hoy hace estragos en las universidades alemanas lo que les permite manejar de este modo expresiones como la de "mecánico", sin darse cuenta ni barruntar siquiera qué conclusiones llevan necesariamente aparejadas. La teoría de la identidad absolutamente cualitativa de la materia cuenta con sus partidarios, sin que, desde el punto de vista empírico, pueda ni refutarse ni demostrarse. Pero si preguntáramos a quienes se empeñan en explicarlo todo "mecánicamente" si tienen conciencia de esta conclusión y aceptan la identidad de la materia, ¡cuántas respuestas distintas escucharíamos!

Lo más cómico de todo es que la equiparación de "materialista" y "mecánico" procede de *Hegel,* quien trata de poner en ridículo al materialismo con la adición del adjetivo "mecánico". Y es cierto que el materialismo criticado por Hegel -o sea el materialismo francés del siglo XVIII- era en todo y por todo *mecanicista,* por la sencilla y naturalísima razón de que, por aquel entonces, la física, la química y la biología estaban todavía en mantillas y distaban mucho de poder brindar el fundamento de una concepción general de la naturaleza. Y también Haeckel toma de Hegel la traducción que da de *causae efficientes* por "causas que obran mecánicamente" y la de *causae fínales* por "causas que obran con arreglo a un fin", terminología en la que Hegel emplea la palabra "mecánico" como sinónimo de lo que obra de un modo ciego, inconsciente, y no en el sentido en que la emplea Haeckel. Además, toda esta contraposición es en el propio Hegel un punto de vista hasta tal punto superado, que *ni siquiera la menciona* en ninguna de las dos exposiciones de la causalidad que hace en la *Lógica,* sino solamente en la *Historia de la fiosofía,* donde se presenta en el terreno histórico (¡se trata, por tanto, simplemente de una mala interpretación de Hegel, debida a su superficialidad!), y muy de pasada en la teleología *(Lógica,* III, II, 3),[39] donde la cita como forma bajo la que la *vieja metafísica* concebía la antítesis de mecanismo y teleología, tratándolo por lo demás como un punto

de vista de muy largo tiempo atrás sobrepasado. Por tanto, Haeckel, llevado de la alegría de ver confirmada su concepción "mecanicista", copió sin saber lo que copiaba, llegando por este camino al lindo resultado de que ¡si por selección natural se produce un determinado cambio en un animal o en una planta, esto es resultado de una *causa efficiens* y, en cambio, si el mismo cambio responde a la selección *artificial,* lo produce una *causa finalis!* ¡Un ganadero, *causa finalis!* Claro está que un dialéctico del calibre de Hegel no podía dar vueltas y más vueltas dentro del círculo vicioso de la estrecha antítesis de *causa efficiens y causa finalis!* Y, por lo que al punto de vista actual se refiere, se ha puesto fin a todas esas monsergas sin perspectivas acerca de la antítesis a que nos referimos desde el momento en que *sabemos* por experiencia y teóricamente que tanto la materia como su modalidad, el movimiento, escapan a toda posibilidad de creación y son, por tanto, su propia causa final, mientras que el llamar causas *eficientes* a las causas singulares que momentánea y localmente se aíslan en la acción mutua del movimiento del universo o aparecen aisladas por nuestra reflexión, no añade absolutamente ninguna determinación nueva, sino solamente un elemento de confusión. Una causa no eficiente no es tal causa.

N. B. La materia en cuanto tal es una pura creación del pensamiento, una abstracción. Cuando resumimos las cosas, como dotadas de existencia corpórea, bajo el nombre de materia, prescindimos de las diferencias cualitativas entre ellas. La materia cómo tal, a diferencia de las materias determinadas, existentes, no es, pues, algo dotado de existencia sensible. Cuando las ciencias naturales tratan de poner de manifiesto la materia unitaria en cuanto tal, reduciendo las diferencias cualitativas a una diversidad puramente cuantitativa en cuanto al modo de agruparse partículas pequeñísimas idénticas, hacen lo mismo que cuando, en vez de cerezas, peras o manzanas, nos hablan de la fruta en cuanto tal[40] o del mamífero en cuanto tal, en vez del gato, el perro o la oveja, del gas en cuanto tal, del metal en cuanto tal, de la piedra en cuanto tal, de la composición química en cuanto tal o del movimiento en cuanto tal. La teoría darviniana postula, en este mismo sentido, un mamífero primigenio, el protomamífero de Haeckel, pero se ve obligado a reconocer, al mismo tiempo, que si contenía en *germen* todos los mamíferos futuros y actuales, se hallaba en realidad supeditado a todos los mamíferos de hoy y era de una tosquedad primitiva y, por tanto, más perecedero que todos éstos. Como ya puso de relieve Hegel *(Enciclopedia*, I, pág. 199),[41] esta concepción, este "punto de vista unilateralmente matemático", desde el que la materia se considera como algo determinable

solamente en el terreno cuantitativo y en lo cualitativo originariamente igual, "no es otro punto de vista" que el del materialismo francés del siglo XVIII Se trata, incluso, de un retroceso hasta Pitágoras, quien consideraba ya el número, la determinabilidad cuantitativa, como la esencia de las cosas.

*

Primero, Kekulé.[42] Luego, la sistematización de las ciencias naturales, que ahora se hace cada vez más necesaria, sólo puede encontrarse en los entronques de los mismos fenómenos. Así, el movimiento mecánico de pequeñas masas en un cuerpo celeste termina en el contacto entre dos cuerpos, bajo las dos formas de fricción y de choque, que sólo se distinguen entre sí en cuanto al grado. Comenzamos, pues, investigando el efecto mecánico de la fricción y el choque. Pero encontramos que no se reduce a esto: la fricción produce calor, luz y electricidad; el choque, calor y luz, cuando no también electricidad: convierte, por tanto, el movimiento de masas en movimiento molecular. Entramos, pues, en el campo del movimiento molecular, en el campo de la física, y seguimos investigando. Pero también aquí encontramos que el movimiento molecular no pone remate a la investigación. La electricidad se convierte en transformación química y brota de ella. Y lo mismo ocurre con el calor y la luz. El movimiento molecular se trueca en movimiento atómico: química. La investigación de los procesos químicos se encuentra como campo de investigación con el mundo orgánico, es decir, con un mundo en el que los procesos químicos se desarrollan bajo las mismas leyes, pero en otras condiciones que en el mundo inorgánico, para cuya explicación basta con la química. En cambio, todas las investigaciones químicas del mundo orgánico nos retrotraen, en última instancia, a un cuerpo, que, siendo resultado de procesos químicos corrientes, se distingue de todos los demás por el hecho de ser un proceso químico permanente que se desarrolla por sí mismo: la proteína. Cuando la química logre obtener la proteína de la manera específica en que evidentemente ha surgido, la del llamado protoplasma, manera específica, o más bien ausencia de ella, en la que contiene potencialmente todas las demás formas de proteína (lo que no quiere necesariamente decir que sólo exista un tipo de protoplasma), se habrá logrado exponer la transición dialéctica de un modo real y, por tanto, completo. Entre tanto, seguiremos moviéndonos en el campo del pensamiento, alias hipótesis. Por cuanto que la química crea la proteína, el proceso químico, como antes veíamos que ocurría con el proceso mecánico, trasciende más allá de sí mismo; es decir, se extiende a un campo más amplio que el del organismo. La fisiología es, ciertamente, la

física y especialmente la química del cuerpo vivo, pero con ello deja también de ser química específica, pues si, de una parte, su campo de acción se restringe, de otra se eleva con ello a una potencia superior.

[MATEMATICAS]

Los llamados axiomas matemáticos constituyen las contadas determinaciones discursivas de que necesitan las matemáticas como punto de partida. Las matemáticas son la ciencia de las magnitudes; su punto de partida es el concepto de magnitud. El matemático define de un modo manco este concepto y añade luego exteriormente, como axiomas, las otras determinaciones elementales de la magnitud que no entran en la definición, presentándose así como determinaciones no demostradas y, como es natural, no demostrables tampoco *matemáticamente.* Un análisis de la magnitud nos aportaría todas estas determinaciones axiomáticas como determinaciones necesarias de aquélla. Spencer tiene razón cuando afirma que, al considerar nosotros estos axiomas como *evidentes por sí mismos, lo* que hacemos es repetir lo que se nos ha transmitido por *herencia.* Los tales axiomas pueden demostrarse dialécticamente, cuando no se trata de simples tautologías.[1]

*

Lo matemático.[2] Nada parece descansar sobre una base tan inconmovible como la diferencia entre las cuatro reglas, elementos de toda matemática. Y, sin embargo, en seguida se ve que la multiplicación es una suma abreviada y la división la resta condensada de un número determinado de magnitudes numéricas iguales, y en uno de sus casos -cuando el divisor es un quebrado- la división se opera multiplicando por el quebrado invertido. Y en el cálculo algebraico se va todavía más allá. Toda resta $(a - b)$ puede representarse como una suma $(- b + a)$, y toda división a/b como una multiplicación $a \times 1/b$. Y más allá todavía se llega en el cálculo a base de magnitudes elevadas a una potencia. Aquí desaparecen las diferencias fijas entre las cuatro reglas y todo puede presentarse bajo la forma inversa. Una potencia puede presentarse como raíz ($x^2 = \sqrt{x^4}$) o una raíz como potencia ($\sqrt{x} = x\ 1/2$). La unidad dividida por una potencia o la raíz como potencia del denominador ($1/\sqrt{x} = x - 1/2$; $1/x^3 = x^3$). La multiplicación o la división de las potencias de una magnitud se convierte en la suma o la resta de sus exponentes. Todo número puede concebirse y presentarse como potencia de otro (logaritmos, $y = a^x$). Y esto de convertir una forma

en la contraria no constituye un juego ocioso, sino una de las más poderosas palancas manejadas por la ciencia matemática, sin la que difícilmente podría plantearse un cálculo un tanto complicado. No llegaríamos muy lejos en ellas, si borrásemos de las matemáticas las potencias negativas y las fraccionarias.

(– . – = +, ÷ = +, √–1, etc., debe exponerse antes.)

El punto de viraje de las matemáticas fue la *magnitud variable* de Descartes. Esto introdujo en las matemáticas el *movimiento* y, *con él, la dialéctica y también, por tanto, necesariamente, el cálculo diferencial e integral,* que comienza inmediatamente, a partir de ahora, y que Newton y Leibniz, en general, perfeccionaron, pero no inventaron.

*

Cantidad y cualidad.[3] El número es la determinación cuantitativa más pura que conocemos. Está lleno, sin embargo, de diferencias cualitativas. 1) Hegel, número y unidad, multiplicar, dividir, potenciar, extraer raíces. Ya esto trae consigo, cosa que Hegel no señala, diferencias cualitativas: números primos y productos, raíces simples y potencias. 16 no es solamente la suma de 16 unidades, sino que es también el cuadrado de 4 y la cuarta potencia de 2. Más aún. Los números primos comunican a los números derivados de ellos al ser multiplicados por otros, nuevas cualidades fijas y determinadas: solamente los números pares son divisibles por 2, y lo mismo por 4 y por 8. Para 3 rige la regla de la suma de los valores abstractos de las cifras, y lo mismo ocurre con el 9 y el 6, en este último caso en combinación con el número par. Para el 7 rige una regla especial, en la que se basan los trucos con números, que a los no iniciados les parecen inconcebibles. Es falso, pues, lo que Hegel dice *("Cantidad",* pág. 237)[4] de que la aritmética es ausencia de pensamiento. Cfr., sin embargo, "Medida".[5]

Cuando las matemáticas entran a hablar de lo infinitamente grande y lo infinitamente pequeño, introducen una diferencia cualitativa, que se manifiesta incluso como una antítesis cualitativa insuperable: cantidades tan enormemente distintas unas de otras, que cesa toda proporción racional, toda comparación entre ellas, hasta el punto de ser ya cuantitativamente inconmensurables. La inconmensurabilidad usual que media, por ejemplo, entre la circunferencia y su diámetro entraña también una diferencia cualitativa dialéctica; pero aquí,[6] es la diferencia *cuantitativa* entre magnitudes *similares* la que eleva hasta lo inconmensurable la diferencia *cualitativa.*

Número.[7] Cada número de por sí adquiere ya una cualidad propia dentro del sistema de numeración de que se trate, y según sea éste. El 9 no es solamente el 1 sumado nueve veces, sino la base para 90, 99, 990.000, etc. Todas las leyes numéricas dependen del sistema adoptado y se hallan condicionadas por él. Así, en el sistema diádico y triádico 2X2 no = 4, sino = 100 o = 11. La diferencia entre números pares e impares desaparece en todo sistema en que el número básico sea impar; por ejemplo, en el pentasistema 5 = 10, 10 = 20, 15 = 30. Y, de igual modo, en este mismo sistema, las sumas de los números dígitos 3 *n* de productos del 3 o del 9 (6 = 11, 9 = 14). Por tanto, el número básico no determina solamente su propia cualidad, sino también la de todos los demás números.

Y la cosa va todavía más allá con la potenciación de los números: cada número debe concebirse como la potencia de cualquier otro, y hay tantos sistemas de logaritmos como números enteros y quebrados.

*

Uno.[8] Nada parece más simple que la unidad cuantitativa y nada es más variado que ella, cuando la ponemos en relación con la correspondiente pluralidad e indagamos los diferentes modos como surge, partiendo de ésta. El uno es, ante todo, el número básico de todo el sistema numérico positivo y negativo y todos los demás números van apareciendo al sumarse al anterior el uno. El uno es la expresión de todas las potencias positivas, negativas y fraccionarias de uno: 1^2, $\sqrt{1}$, 1^{-2} son todos igual a uno.- El uno es el valor de todos los quebrados que tengan igual numerador y denominador. Es la expresión de todo número elevado a la potencia 0. Y por tanto, el único número cuyo logaritmo es el mismo en todos los sistemas, a saber = 0. El uno es, por consiguiente, el límite que separa en dos partes todos los posibles sistemas logarítmicos: si la base es mayor que uno, tendremos que los logaritmos de todos los números que pasen de uno serán positivos y los de los inferiores a uno negativos; y, a la inversa, si la base es menor que uno.

Así, pues, si todo número lleva en sí mismo la unidad, por cuanto que se forma mediante la suma de unidades, el número uno contiene, además, a todos los otros. No sólo en cuanto a la posibilidad, por cuanto que se forman añadiendo el número uno, sino también en la realidad, puesto que el uno constituye una determinada potencia de cualquier otro número. Pero los mismos matemáticos que, sin inmutarse, interpolan en sus cálculos, donde mejor les parece, $x^0 = 1$ o un quebrado cuyo numerador y denominador son iguales y que, por tanto, representan uno, lo que quiere decir que emplean matemáticamente la pluralidad contenida

en la unidad, arrugan la nariz y fruncen el ceño cuando se les dice, empleando una fórmula general, que unidad y pluralidad son conceptos inseparables que se condicionan mutuamente y que la pluralidad se contiene en la unidad, ni más ni menos que ésta en la pluralidad. Y hasta qué punto es verdad esto lo vemos tan pronto como nos salimos del terreno de los números abstractos. Ya cuando se trata de medir líneas, superficies y volúmenes se ve que podemos tomar como unidad la magnitud que mejor nos parezca del orden apropiado, y otro tanto ocurre cuando se plantea la necesidad de medir el tiempo, el peso, el movimiento, etc. Para medir una célula resultan ya excesivamente grandes el milímetro y el miligramo, y para medir la distancia a que se hallan las estrellas o la velocidad de la luz, el kilómetro resulta ya tan incómodamente pequeño como el kilogramo para pesar las masas planetarias, y no digamos las masas solares. Lo cual muestra bien palpablemente cuánta pluralidad y multiplicidad se contiene en el concepto, a primera vista tan simple, de la unidad.

*

El cero no carece de contenido porque sea la negación de toda cantidad determinada. Por el contrario, tiene un contenido muy definido. Como línea divisoria entre todas las magnitudes positivas y negativas, como único número realmente neutral, que no puede ser ni + ni –, no sólo es un número muy determinado, sino que es, además, de por sí, más importante que todos los otros números deslindados por él. El cero tiene, en realidad, mayor plenitud de contenido que cualquier otro número. Colocado a la derecha de éste le atribuye, en nuestro sistema de numeración decimal, el décuplo de su valor. Podría, ciertamente, emplearse en vez del cero cualquier otro signo, pero a condición de que este signo, por separado, equivaliese al cero, fuese = 0. Es, pues, la propia naturaleza del cero la que hace que desempeñe esta función y que no pueda desempeñar otra. El cero anula cualquier otro número por el que se multiplique; y, al combinarse con otro número como divisor o como dividendo convierte a este número, en el primer caso, en infinitamente grande y, en el segundo, en infinitamente pequeño; es el único número que guarda con cualquier otro una relación infinita. $0/0$ puede expresar cualquier número comprendido entre $-\infty$ y $+\infty$, representando en todo caso una magnitud real.

El contenido real de una ecuación sólo resalta claramente cuando todos los términos de ella se han puesto a uno de los lados, con lo que la ecuación se reduce al valor de cero, que es lo que se hace, en efecto, en las ecuaciones de segundo grado y lo que

constituye casi una regla general en el álgebra superior. La función *F (x, y)* = 0 puede, así, expresarse como igual a *z*, y esta *z*, aunque es = 0, aparecer diferenciada como una variable subordinada corriente, determinada en cuanto a su cociente diferencial parcial.

Lo negativo de toda cantidad sigue siendo de por sí algo cuantitativamente determinado, y solamente por esta razón es posible calcularlo a base del cero. Los mismos matemáticos que, como más arriba veíamos, operaban desembarazadamente con el cero, es decir, que lo manejaban como una representación cuantitativa determinada, poniéndolo en relaciones cuantitativas con otras representaciones de cantidades, se llevan las manos a la cabeza cuando leen esto en Hegel, reducido a una fórmula general, en los siguientes términos: la nada de un algo es una *determinada* nada.[9]

Veamos ahora lo que ocurre en la geometría (analítica). El cero es aquí un determinado punto, a partir del cual se mide en una línea, en una dirección de un modo positivo y en la otra de un modo negativo. Por tanto, el punto cero no sólo tiene aquí una importancia tan grande como cualquier otro punto que marca una magnitud positiva o negativa, sino que tiene una importancia mucho mayor que todos ellos, ya que es el punto del que todos éstos dependen, al que todos se refieren y por el que todos se determinan. En muchos casos, este punto puede, incluso, establecerse de un modo totalmente arbitrario. Pero, una vez establecido, permanece como el punto central de toda la operación y, no pocas veces, determinada incluso la dirección de la línea en que deben insertarse los demás puntos, los puntos finales de la abscisa. Si, por ejemplo, para llegar a la ecuación del círculo, tomamos como punto cero un punto cualquiera de la periferia, la línea de las abscisas tiene que pasar necesariamente por el centro del círculo. Y todo esto que decimos se aplica del mismo modo a la mecánica, donde, para calcular el movimiento, el punto cero que en cada caso se establece forma el punto central y angular de toda la operación. El punto cero del termómetro constituye el límite inferior muy definido de la sección de la escala de la temperatura dividida en el número de grados que se desee, sirviendo así de medida de las gradaciones de temperatura que se dan en ella misma o de temperaturas más altas o más bajas. También aquí representa, pues, el cero un punto muy esencial. E incluso el punto cero absoluto del termómetro no representa, en modo alguno, una negación pura y abstracta, sino un estado muy definido de la materia: el límite a partir desaparece hasta el último rastro de movimiento independiente de la molécula. y la materia actúa ya solamente en cuanto masa. Dondequiera que vemos un cero, éste representa algo muy determinado, y su

aplicación práctica en geometría, en mecánica, etc., demuestra que este cero es más importante -como límite- que todas las magnitudes ralmente delimitadas por él."

*

Potencias cero.[11] importantes, en la serie de logaritmos: 10^0 10^1 10^2 10^3 log. Todas las variables pasan de un modo o de otro, a través de la unidad; también, por tanto, la constante en potencia variable a^x = l, cuando x = 0. a^0 = 1 no significa otra cosa que el concebir la unidad en conexión con los otros miembros de la serie de potencias de *a,* pues solamente así, y no de otro modo, tiene un sentido y puede conducir a resultados ($\sum x^0 = x/w$).[12] De donde se sigue que también la unidad, por muy idéntica consigo misma que parezca ser, encierra dentro de sí una variedad infinita, en cuanto que puede ser la potencia 0 de cualquier otro posible número, y que esta variedad no es algo puramente imaginario se demuestra cuantas veces la unidad se concibe como una unidad determinada, como uno de los resultados variables de un proceso (como momentánea magnitud o forma de una variable) en relación con este proceso.

*

$\sqrt{-1}$. Las magnitudes negativas del álgebra sólo son reales siempre y cuando que se refieran a magnitudes positivas y solamente dentro de la relación que guardan con éstas; fuera de ella, consideradas de por sí, son puramente imaginarias. En la trigonometría y en la geometría analítica, así como en las ramas de las matemáticas superiores basadas en ellas, expresan una determinada dirección del movimiento, contrapuesta a la positiva; pero los senos y las tangentes del círculo pueden calcularse tanto desde el cuadrante derecho superior como desde el derecho inferior, invirtiendo directamente, así, el más y el menos. Y de modo parecido, en la geometría analítica, las abscisas pueden calcularse partiendo de la periferia o del centro del círculo, y en todas las curvas pueden calcularse partiendo de la curva en la dirección que generalmente se señala como menos [o] en la dirección que se quiera, dando siempre una ecuación racional y exacta de la curva. El más, aquí, es simplemente el complemento del menos, y viceversa. Pero la abstracción del álgebra las considera [a las magnitudes negativas] como magnitudes positivas reales e independientes, incluso al margen de toda relación con una magnitud *mayor.*[13]

Matemáticas.[14] Al sano sentido común se le antoja absurdo reducir a una serie infinita y, por tanto, a algo indeterminado una determinada magnitud, por ejemplo un binomio. Pero ¿qué sería de

nosotros sin las series infinitas y el principio del binomio?

*

Asíntotas.[15] La geometría comienza con el descubrimiento de que entre la recta y la curva media una antítesis absoluta, de que lo recto no puede en modo alguno expresarse en lo curvo ni esto en lo recto, de que lo uno y lo otro son inconmensurables entre sí. Y, sin embargo, no hay más manera de calcular el círculo que expresando su periferia en líneas rectas. Pero en las curvas con asíntotas lo recto se pierde totalmente en lo curvo, y viceversa; exactamente lo mismo que la noción del paralelismo: las líneas no son paralelas, van acercándose constantemente y, sin embargo, no llegan a encontrarse nunca; el trazo de la curva va haciéndose cada vez más recto, pero sin llegar a serlo nunca por entero, del mismo modo que en la geometría analítica la línea recta es considerada como una curva de primer grado con una curvatura infinitamente pequeña. Por muy, grande que llegue a ser el $-x$ de la curva logarítmica, y no podrá ser nunca = 0.

*

Recta y curva [16] aparecen equiparadas, en última instancia en el cálculo diferencial: en el triángulo diferencial, cuya hipotenusa forma la diferencial del cálculo (en el método tangencial), puede considerarse esta hipotenusa "como una pequeña línea recta que es, al mismo tiempo, elemento del arco y elemento de la tangente", ya se considere la curva como integrada por infinitas líneas rectas o se la considere "como una curva fija; puesto que la curvatura es en cada punto, M, infinitamente pequeña, *no cabe duda* de que la última relación existente entre el elemento de la curva y el de la tangente es *una relación de igualdad".*[17] Por tanto, también aquí, aunque la relación *se acerca* siempre a la igualdad, pero la naturaleza de la curva es siempre *asintótica,* puesto que el contacto se limita a un *punto,* carente de longitud, se acepta en última instancia que se ha llegado a la igualdad entre lo recto y lo curvo (Bossut, *Calcul diff. et intégr.,* París, An VI, I, pág. 149).[18] En las curvas polares,[19] incluso se considera la abscisa imaginaria diferencial como paralela a la real, operándose en este sentido, aunque ambas se encuentran en el polo; más aún, se llega, partiendo de aquí, a la conclusión de que existe semejanza entre dos triángulos, uno de los cuales presenta un ángulo precisamente en el punto de intercesión de ambas líneas, sobre cuyo paralelismo se cifra toda la semejanza (figura 17).[20]

Allí donde termina sobre poco más o menos la matemática de lo recto y lo curvo, se abre una nueva trayectoria, casi infinita con

la matemática que *concibe lo curvo como recto* (triángulo diferencial) y lo *recto como curvo* (curva de primer grado, con una curvatura infinitamente pequeña). ¡Oh metafísica!

*

Trigonometría.[21] Una vez que la geometría sintética ha agotado las cualidades de un triángulo, considerado de por sí, y ya no tiene nada muevo que decir acerca de él, se abre un nuevo horizonte a través de un método muy simple y absolutamente dialéctico. El triángulo, ahora, no es considerado ya en y de por sí, sino en relación con otra figura, en relación con el círculo. Todo triángulo rectángulo puede considerarse como formando parte de un círculo. Si la hipotenusa = *r*, los catetos serán sin y cos, y si un cateto = *r,* el otro = tg y la hipotenusa = sec. De este modo, los lados y los ángulos se comportan entre sí en determinadas y muy distintas relaciones, que sería imposible descubrir y utilizar sin este contacto entre el triángulo y el círculo, y de este modo se desarrolla una teoría totalmente mueva del triángulo, que supera con mucho a la antigua y que puede aplicarse siempre, ya que todo triángulo puede reducirse a dos ángulos rectos. Este desarrollo de la trigonometría, al que se llega partiendo de la geometría sintética, es un buen ejemplo de dialéctica, del modo como ésta ve siempre las cosas en su conexión, y no aisladas unas de otras.

*

Identidad y diferencia: la relación dialéctica se contiene ya en el cálculo diferencial, donde *dx* es infinitamente pequeño y, sin embargo, se manifiesta como eficiente y lo hace todo.`

*

Molécula y diferencial.[23] Wiedemann (III, pág. 636)[24] contrapone directamente la distancia *finita* y la distancia *molecular.*

SOBRE LOS PROTOTIPOS DE LO INFINITO MATEMÁTICO EN EL MUNDO REAL[25]

Sobre págs. 17-18[26]: *Concordancia de pensamiento y ser. Lo infinito, en matemáticas.*

El hecho de que nuestro pensamiento subjetivo y el mundo objetivo se rigen por las mismas leyes, razón por la cual no pueden

llegar, en última instancia, a resultados contradictorios entre sí, sino que estos resultados tienen que ser coincidentes, domina en absoluto todo nuestro pensar teórico. Constituye la premisa inconsciente e incondicional de éste. El materialismo del siglo XVIII no llegó a investigar esta premisa más que en cuanto a su contenido, por razón del carácter esencialmente metafísico de aquella concepción. Se limitó a demostrar que el contenido de todo pensamiento y de todo saber se derivan necesariamente de la experiencia sensible, restableciendo el principio de *nihil est in intellectu, quod non fuerit in sensu* ["Nada se da en el entendimiento que no se diera previamente en los sentidos"]. Ha sido la moderna filosofía idealista, dialéctica al mismo tiempo, y principalmente Hegel, quien primero ha investigado dicha premisa ateniéndose también a su forma. Pese a las innumerables construcciones caprichosas y fantasías con que aquí nos encontramos, pese a la forma idealista, invertida, de su resultado, de la unidad entre el pensamiento y el ser, es innegable que esta filosofía ha demostrado a la luz de una serie de casos y en los campos más diversos la analogía existente entre los procesos del pensamiento y los procesos naturales e históricos, y a la inversa, y la vigencia de las mismas leyes para todos estos procesos. De otra parte, las modernas ciencias naturales han ampliado el principio según el cual todo contenido discursivo nace de la experiencia de tal modo, que se vienen a tierra sus viejas limitación y formulación metafísicas. Al reconocer la transmisión hereditaria de las cualidades adquiridas, estas ciencias desplazan el sujeto de la experiencia del individuo a la especie; deja de ser un factor obligado el sujeto individual, con su experiencia propia, desde el momento en que su experiencia individual puede ser suplida hasta cierto punto por los resultados de las experiencias de una serie de antepasados suyos. Así, por ejemplo, el hecho de que cualquier niño de ocho años considere hoy los axiomas matemáticos como verdades evidentes que no requieren demostración, es simplemente el resultado de una "herencia acumulada". A un bosquimano o a un negro australiano difícilmente se le inculcarían por medio de la prueba.

En esta obra[27] se concibe la dialéctica como la ciencia de las leyes más generales de todo movimiento. Esto significa que sus leyes deben regir tanto para el movimiento en la naturaleza y en la historia humana como para el que se da en el campo del pensamiento. Puede ocurrir que una de estas leyes se reconozca en dos de las tres esferas citadas e incluso en las tres, sin que el rutinario metafísico se percate de que la y por él reconocida es en todos los casos la misma.

Pongamos un ejemplo. De todos los progresos teóricos que se conocen, tal vez ninguno represente un triunfo tan alto del espíritu

humano como la invención del cálculo infinitesimal, en la segunda mitad del siglo XVII Si en alguna parte asistimos a una hazaña pura y exclusiva del espíritu humano, es precisamente aquí. El misterio que todavía rodea a las magnitudes que se manejan en el cálculo infinitesimal -a las diferenciales y a los infinitos de diversos grados- constituye la mejor prueba de que se sigue creyendo que se está, en este terreno, ante puras "creaciones e imaginaciones libres"[28] del espíritu humano, para las que no se encuentra equivalencia alguna en el mundo objetivo. Pero lo que en realidad ocurre es lo contrario. Todas estas magnitudes imaginarias tienen su modelo en la naturaleza.

Nuestra geometría parte de las relaciones del espacio y nuestra aritmética y nuestra álgebra arrancan de magnitudes numéricas que corresponden a nuestras relaciones terrenales y, por tanto, a las magnitudes de los cuerpos que la mecánica llama masas; masas como las que se dan en la tierra y son movidas por los hombres. En comparación con ellas, la masa de la tierra se presenta como algo infinitamente grande, y así, como infinitamente grande, es tratada también por la mecánica terrestre. Radio de la tierra $= \infty$, es el principio de toda mecánica en la ley de la gravitación. Pero, no sólo la tierra, sino todo el sistema solar y las distancias que en él se dan aparecen, a su vez, como magnitudes infinitamente pequeñas, tan pronto como nos ocupamos del sistema planetario, visible para nosotros por medio del telescopio y en sus distancias, mensurables en años-luz. Al llegar aquí, estamos, pues, ante un infinito, no ya de primer grado, sino de segundo, y podemos dejar que la fantasía de nuestros lectores se encargue de construirse a su gusto otros infinitos de grado todavía superior, dentro del espacio infinito, si ello le place.

Pero las masas terráqueas, los cuerpos con los que opera la mecánica, se hallan formadas, según la concepción que hoy prevalece en física y en química, por moléculas, las partículas mínimas, que ya no pueden dividirse sin destruir la identidad física y química del cuerpo de que se trata. Según los cálculos de W. Thomson, el milímetro de la más pequeña de estas moléculas no puede ser inferior a la cincuentamillonésima parte de un milímetro.[29] Admitamos que la mayor de las moléculas alcance un diámetro de la veinticincomillonésima parte de un milímetro; entre la magnitud de esta masa y la mínima habrá siempre una diferencia insignificante, con la que operarán la mecánica, la física e incluso la química. Y, no obstante, esta masa insignificante se hallará dotada de todas las cualidades propias de la masa de que se trata, podrá representar a la masa en el campo de la física y en el de la química y la representará realmente en todas las ecuaciones químicas. En una palabra, tendrá con respecto a la masa de que se trata

exactamente las mismas cualidades que la diferencial matemática con respecto a su variable. Sólo que lo que en la diferencial, en la substracción matemática, nos parece misterioso e inexplicable, resulta aquí evidente y palpable, por así decirlo.

Ahora bien, la naturaleza opera con estas diferenciales, con las moléculas, exactamente del mismo modo y con arreglo a las mismas leyes que las matemáticas con sus diferenciales abstractas. Así, por ejemplo, tenemos que la diferencial de x^3 es = $3x^2\ dx$, dejando a un lado $3x\ dx^2$ y dx^3. Si construimos esto geométricamente, obtenemos un cubo con una longitud de lado x, longitud de lado que se amplía en la magnitud infinitamente pequeña dx. Supongamos que este cubo se halle formado por un elemento sublimado, por ejemplo azufre, que las superficies laterales se hallen protegidas y las otras tres libres. Si exponemos este cubo de azufre a una atmósfera de gas sulfúrico y hacemos que su temperatura descienda lo bastante, veremos que el gas sulfúrico se depositará sobre los tres lados del cubo libres. Y nos mantendremos por entero dentro del modo de proceder corriente en la física y en la química si, para representarnos el caso en toda su pureza, suponemos que sobre cada uno de estos tres lados comienza depositándose una capa del espesor de una molécula. La longitud lateral x del cubo ha aumentado en el diámetro de una molécula, dx. El contenido del cubo x^3 ha aumentado en la diferencia entre x^3 y $x^3 + 3x^2\ dx + 3xdx^2 + dx^3$, operación en que podemos prescindir, con el mismo derecho con que lo hacen las matemáticas, de dx^3, una molécula, y $3\ xdx^2$, tres series de moléculas simplemente estratificadas en orden lineal, de longitud $x + dx$. El resultado será el mismo: el aumento de la masa del cubo seguirá siendo de $3x^2dx$.

De un modo riguroso, no se dan en el cubo de azufre ni dx^3 ni $3xdx^2$, por la sencilla razón de que no puede haber dos o tres moléculas en el mismo espacio, y su aumento de masa será, por tanto, exactamente $3x^2dx + 3xdx + dx$. Esto se explica por el hecho de que en matemáticas, dx es una magnitud lineal, y en la naturaleza no se dan nunca de por sí, como es sabido, líneas de éstas, sin espesor ni anchura, y las abstracciones matemáticas sólo tienen vigencia incondicional en las matemáticas puras. Y, desde el momento en que también éstas hacen caso omiso de $3xdx^2 + dx^3$, no existe diferencia alguna.

Y lo mismo ocurre con la evaporación. Cuando en un vaso de agua se evapora la capa molecular superior, la altura del agua, x, desciende en dx y la continua evaporación de una capa molecular tras otra constituyen, de hecho, una diferenciación constante. Y cuando el vapor caliente vuelve a condensarse, en una caldera, en

forma de agua por medio de la presión y el enfriamiento, depositándose una capa molecular tras otra (operación en la que podemos prescindir de los factores secundarios o concomitantes que transforman la pureza del proceso), hasta que el vaso se llena, asistimos literalmente a una integración, que sólo se diferencia de la integración matemática en que mientras la una se opera conscientemente por la mente humana, la otra es obra inconsciente de la naturaleza.

Pero estos procesos, absolutamente análogos a los del cálculo infinitesimal, no se efectúan solamente en el tránsito de los estados líquidos a los gaseosos, y viceversa. Guando el movimiento de masas se supera en cuanto tal -por el impacto- y se trueca en calor, en movimiento molecular, ¿qué otra cosa ha ocurrido sino que el movimiento de masas se ha diferenciado? Y cuando los movimientos moleculares del vapor en el cilindro de la máquina de vapor se suman de tal modo que elevan el pistón en un determinado grado, que se truecan en movimiento de masas, ¿acaso no se han integrado? La química disuelve las moléculas en átomos, magnitudes de masa menor y de menor extensión en el espacio, pero magnitudes del mismo orden, entre las cuales existen, por tanto, determinadas relaciones finitas. Todas las ecuaciones químicas que expresan la composición molecular de los cuerpos son, por tanto, en cuanto a la forma, ecuaciones diferenciales. Pero ya se hallan, en realidad, integradas por los pesos atómicos que en ellas figuran. La química opera, en efecto, a base de diferenciales, cuyas mutuas relaciones de magnitud son ya conocidas.

Ahora bien, los átomos no se consideran solamente, en modo alguno, como las simples partículas de la materia o las partículas más pequeñas que se conocen. Prescindiendo de la misma química, que se inclina cada vez más a pensar que los átomos no son simples, sino complejos, la mayoría de los físicos afirman que el éter cósmico, agente de las vibraciones del calor y de la luz, consta también de partículas discretas, pero tan pequeñas, que se comportan ante los átomos químicos y las moléculas físicas como éstos con respecto a las masas mecánicas, es decir, como d^2x con respecto a dx. Tenemos, pues, aquí en la concepción hoy usual acerca de la constitución de la materia, la misma diferencial de segundo grado, sin que haya absolutamente ninguna razón para que cualquiera que tenga gusto en ello no pueda imaginarse que también en la naturaleza se dan casos análogos a d^3x, d^4x etc.

Así, pues, de cualquier modo que se piense acerca de la constitución de la materia, no cabe duda de que se halla estructurada en una serie de grandes grupos, bien deslindados entre sí, de relativa masa, de tal modo que los miembros de cada grupo de por sí se mantienen unos con otros en determinadas relaciones

finitas de masa y con respecto a los de los grupos más cercanos en una relación de magnitud o pequeñez infinitas, en sentido matemático. Forman cada uno de estos grupos el sistema planetario visible, el sistema solar, las masas terráqueas, las moléculas y los átomos y, por último, las partículas del éter. Ya para nada altera la cosa el hecho de que encontremos eslabones intermedios entre los distintos grupos. Así, por ejemplo, entre las masas del sistema solar y las masas terráqueas tenemos los asteroides, el diámetro de algunos de los cuales no excede en extensión de la frontera más reciente del principado de Reuss,[30] los meteoros, etc. Y entre las masas terráqueas y las moléculas aparece, en el mundo orgánico, la célula. Estos eslabones intermedios no hacen más que demostrar que en la naturaleza no existen saltos, *precisamente porque* toda ella está hecha de saltos.

Tan pronto como la matemática opera con magnitudes reales, aplica sin más esta manera de concebir. Para la mecánica terrestre, la masa de la tierra es ya una magnitud infinitamente grande, lo mismo que para la astronomía las masas terráqueas y los meteoros, correspondientes a ellas, son magnitudes infinitamente pequeñas, y se le escapan, del mismo modo, las distancias y las masas de los planetas del sistema solar, tan pronto como, remontándose sobre las estrellas fijas más cercanas, se pone a investigar la constitución de nuestro sistema planetario. Pero, tan pronto como el matemático se parapeta y se hace fuerte en su inexpugnable fortaleza de la abstracción, caen en el olvido todas aquellas analogías, lo infinito se convierte en algo totalmente misterioso y el modo como se opera a base de ello en el análisis pasa a ser algo puramente inconcebible, en contradicción con toda la experiencia y todo el entendimiento. Las necedades y los absurdos con que los matemáticos han disculpado más que explicado este su modo de operar, que, por muy extraño que ello parezca, conduce siempre a resultados exactos, superan a las peores fantasías reales y aparentes de la filosofía hegeliana de la naturaleza, por ejemplo, de las que los matemáticos y los naturalistas hablan con incontenible horror. Sin darse cuenta de que lo que reprochan a Hegel, o sea el llevar las abstracciones hasta el máximo, lo hacen ellos mismos en proporciones mucho mayores. Se olvidan de que todas las llamadas matemáticas puras operan con abstracciones, de que *todas* sus magnitudes son, en rigor, magnitudes puramente imaginarias y de que todas las abstracciones, llevadas al extremo, se truecan en contrasentidos o en lo contrario de lo que son. El infinito matemático está tomado, aunque sea de un modo inconsciente, de la realidad, razón por la cual sólo puede comprenderse partiendo de la realidad y no de él mismo, de la abstracción matemática. Y si investigamos la realidad

en esta dirección, encontramos también en ella, como hemos visto, las relaciones reales de las que está tomada la relación matemática del infinito, e incluso casos naturales análogos al modo matemático como actúa esta relación. Con lo cual queda explicado el asunto.

(Mala reproducción en Haeckel del pensamiento y la identidad del ser." Pero también *la contradicción entre la materia continua y la discreta,*[32] véase Hegel).[33]

*

El cálculo diferencial, y sólo él, permite a las ciencias naturales exponer matemáticamente los *procesos,* y no solamente los *estados:* movimiento.[34]

*

Aplicación de las matemáticas: en la mecánica de los cuerpos sólidos, de un modo absoluto; en la de los gases, de un modo aproximado; en la de los líquidos, ya más difícil; en física, de un modo más bien por tanteos y relativo; en química, simples ecuaciones de primer grado del carácter más simple; en biología = 0.[35]

[MECANICA Y ASTRONOMIA]

*

Un ejemplo de la necesidad de pensar dialécticamente y de no admitir en la naturaleza categorías y relaciones fijas: la ley de la gravedad, que se revela ya falsa cuando la caída dura varios minutos, puesto que, en ese caso, el diámetro de la tierra no puede ya sin incurrir en error equipararse a ∞ y la fuerza de atracción de la tierra aumenta, en vez de permanecer estacionaria, como presupone la ley de la gravedad de Galileo. No obstante, esta ley sigue profesándose sin cesar, y se da de lado a las reservas.[1]

*

La atracción y la fuerza centrífuga de Newton, ejemplo de modo metafísico de pensar: el problema no se resuelve; no hace más que *plantearse,* presentándose el planteamiento como solución. Y otro tanto puede decirse de la disminución del calor de Clausius.[2]

*

La gravitación de Newton.[3] Lo mejor que de ella puede decirse es que no explica, sino que ilustra plásticamente el estado actual del movimiento planetario. El movimiento es algo dado. Y lo mismo la fuerza de atracción del sol. ¿Cómo explicarse el movimiento, partiendo de estos datos? Por el paralelogramo de las fuerzas, por una fuerza tangencial, convertido ahora en un postulado necesario que *debemos* aceptar. Lo que quiere decir que, supuesta la *eternidad* del estado de cosas existente, necesitamos un *primer impulso,* necesitamos a Dios. Ahora bien, ni el estado planetario actual es eterno, ni el movimiento es originariamente compuesto, sino una *simple rotación,* y el paralelogramo de las fuerzas, aplicado aquí, resulta falso, por cuanto no se limita a poner en claro la magnitud que constituye todavía la incógnita, la *x*; es decir, por cuanto Newton pretende, no simplemente plantear la cuestión, sino resolverla.

El paralelogramo de las fuerzas de Newton, en el sistema solar, puede responder a la verdad, cuando más, *en el momento en que los cuerpos anulares se separan,* ya que en ese momento el movimiento de rotación entra en contradicción consigo mismo, manifestándose de una parte como atracción y de otra como fuerza tangencial. Pero, llevada a cabo la separación, el movimiento vuelve a ser *uno*. El hecho de que esta separación tenga que producirse necesariamente, es una prueba del proceso dialéctico.[4]

*

La teoría de Laplace presupone solamente materia en movimiento; la rotación es necesaria en todos los cuerpos que se mueven en el espacio cósmico.[5]

*

MÄDLER, ESTRELLAS FIJAS[6]

Halley, a comienzos del siglo XVIII, partiendo de la diferencia entre los datos de Hiparco y los de Flamsteed acerca de tres estrellas, señala por vez primera la idea del movimiento propio (pág. 410). El British Catalogue de Flamsteed [Catálogo británico de las estrellas], el primero en cierto modo exacto y extenso (pág. 420) ; más tarde, hacia 1750, Bradley, Maskelyne y Lalande.

Tolle, *Teoría del alcance de los rayos de luz en los cuerpos enormes,* y los cálculos de Mädler basados en ella, tan disparatados como pueda serlo cualquier página de la filosofía de la naturaleza de Hegel (páginas 424-425).

El más fuerte movimiento propio (aparente) de una estrella 701" en el siglo = 11' 41" = 1/3 del diámetro del sol; el promedio menor de 921 estrellas telescópicas 8", 65, algunas de ellas 4".

La Vía Láctea, una serie de anillos, que tienen todos un centro de gravedad común (pág. 434).

El grupo de las Pléyades y, en él, Alción, η Tauro, centro del movimiento para nuestra isla cósmica, "hasta llegar a las más remotas regiones de la Vía Láctea" (pág. 448). Períodos de revolución dentro del grupo de las Pléyades, hacia 2 millones de años, por término medio (pág. 449). En torno a las Pléyades, grupos anulares alternativamente pobres y abundantes en estrellas. Secchi niega la posibilidad de fijar ya ahora un centro.

Sirio y Proción describen, según Bessel, una trayectoria en torno a un cuerpo *oscuro,* junto al movimiento general (pág. 450).

Eclipse de Algol cada tres días, por espacio de ocho horas, *confirmado por el análisis espectral* (Secchi,7 pág. 786).

En la zona de la *Vía Láctea,* pero muy *dentro* de ella, un denso anillo de estrellas, de magnitud 7-11; bastante fuera de este anillo, los anillos concéntricos de la Vía Láctea, de los que vemos dos. En la Vía Láctea, según Herschel, hacia 18 millones de estrellas visibles con su telescopio, que, sumadas a los 2 millones que hay *dentro* del anillo, dan un total de más de 20 millones. A esto hay que añadir el brillo que no acaba de extinguirse en la Vía Láctea incluso detrás de las estrellas apagadas, lo que abre tal vez la perspectiva de nuevos anillos ahora ocultos (páginas 451-452).

Alción, a una distancia de 573 años luz del sol. *Diámetro del anillo de la Vía Láctea* de algunas estrellas visibles por separado, 8.000 años de tiempo luz, por lo menos (págs. 462-463).

La *masa* de los cuerpos que se mueven dentro del radio sol-Alción de 573 años luz, calculada en 118 millones de masas sol (pág. 462), no coincide en modo alguno con la de las estrellas que se mueven allí y que es, a lo sumo, de 2 millones. ¿Cuerpos obscuros? En todo caso, something wrong [hay aquí algo falso]. Prueba de cuán imperfectas son aún las premisas de nuestra observación.

Con respecto al anillo exterior de la Vía Láctea, Mädler admite una distancia de miles y tal vez, incluso, de cientos de miles de años luz (pág. 464).

Bonito razonamiento contra la llamada absorción de la luz: "Cierto es que hay distancias de las que ya no llega ninguna luz hasta nosotros, pero la razón de esto es muy distinta. La luz desarrolla una velocidad *finita;* desde los comienzos de la creación hasta nuestros días ha transcurrido un tiempo *finito,* razón por la cual sólo podemos observar los cuerpos celestes hasta aquella distancia recorrida por la luz en dicho tiempo finito" (pág. 466). El que la luz, atenuándose en el cuadrado de la distancia, tiene que llegar necesariamente a un punto en que no sea ya visible para nuestro ojo, por mucho que éste se aguce y se arme con instrumentos, es algo evidente y que basta para refutar la concepción de Olbers, según la cual solamente la absorción de la luz puede explicar la oscuridad del cielo, a pesar de estar lleno de estrellas luminosas en todas direcciones y hasta una distancia infinita. Y esto, sin decir que no existe ni una sola distancia en que el éter *no deje ya pasar la luz.*

Nebulosas.[8] Todas las formas, nítidamente circulares, elípticas o irregulares y dentadas. Todos los grados de la disolubilidad, hasta llegar a la irreductibilidad total, en la que sólo se percibe una condensación hacia el centro. En algunas de las solubles pueden percibirse hasta 10.000 estrellas, el centro, en la mayoría de los casos, más denso, y muy rara vez una estrella central dé resplandor más claro. El telescopio gigantesco de Rosse ha vuelto a reducir muchas. Herschel I cuenta 197 conglomerados de estrellas y 2.300 nebulosas, a las que habría que añadir las catalogadas en los cielos del sur por Herschel II.

Las irregulares deben ser *lejanas islas cósmicas,* ya que las masas de vapor sólo pueden mantenerse en equilibrio bajo forma esférica o elipsoide. La mayoría de ellas sólo pueden verse a través de los telescopios más poderosos. Las de forma circular *pueden* ser, en todo caso, masas de vapor, y este carácter tienen 78 de las 2.500 mencionadas. Herschel supone 2 millones, Mädler -partiendo de un diámetro real = 8.000 años luz- 30 millones de años luz de distancia de nosotros. Y, como la distancia de un sistema astronómico de cuerpos con respecto al más cercano representa, por lo menos, el diámetro del sistema multiplicado por cien, tenemos que la distancia a que se halla nuestra isla cósmica de la más próxima a ella sería, *por lo menos,* cincuenta veces 8.000 años luz = 400.000 años luz, en cuyo caso y partiendo de varios millares de nebulosas, llegamos bastante más allá de los 2 millones de Herschel ([Mädler, ob. cit.], pág. 492).

Secchi:[9] Las nebulosas reductibles dan un espectro estelar continuo y otro ordinario. Pero las verdaderas nebulosas "dan, en parte, un espectro continuo, como la nebulosa de la Andrómeda, o bien, en la mayor parte de los casos, un espectro formado por una sola o por unas cuantas líneas luminosas, como la nebulosa de Orión, la del Sagitario, la de la Lira y la mayor parte de las que se conocen con el nombre de nebulosas *planetarias* (circulares)[10] (pág. 787). (La nebulosa de Andrómeda, según Mädler, pág. 495, no es reductible. -La nebulosa de Orión, irregular, en forma de copos y como si extendiera los brazos, pág. 495-. La Lira y la Cruz, solamente un poco elípticas, pág. 498). Huggins encontró en el espectro de la nebulosa de Herschel núm. 4.374 tres líneas luminosas, "de donde en seguida se desprende que esta nebulosa no está formada por un conglomerado de diferentes estrellas, sino que es una *verdadera*[11] *nebulosa,* una sustancia candente en estado gaseiforme". Las líneas corresponden al nitrógeno (1) y al hidrógeno (1), la tercera es desconocida. Y lo mismo ocurre en la nebulosa de Orión. Incluso las nebulosas en que se ven puntos

luminosos (Hidra, Sagitario) presentan estas líneas luminosas, lo que indica que las masas de estrellas agrupadas no se hallan todavía en estado sólido o líquido (pág. 789). La nebulosa de la Lira presenta solamente una línea de nitrógeno (pág. 789). La de Orión 1°, el lugar más denso; extensión total, 4° [págs. 790-791].

*

Secchi:[12] *Sirio:* "Once años más tarde" (según los cálculos de Bessel, Mädler, pág. 450)[13] "no sólo se descubrió el satélite de Sirio como una estrella de sexta magnitud con luz propia, sino que se demostró, además, que su trayectoria coincidía con la que había calculado Bessel. Y también la trayectoria de Proción y de su satélite ha sido demostrada ahora por Auwers, aunque el satélite no haya sido visto" (pág. 793).

Secchi: estrellas fijas. "Como las estrellas fijas, exceptuando dos o tres, no tienen un paralaje comprobable, ello quiere decir que se hallan, por lo menos, a unos 30 años luz de distancia de nosotros (pág. 799)." Según Secchi, las estrellas de 16ª magnitud (que todavía se distinguen en el gran telescopio de Herschel) se hayan a una distancia de 7.560 años luz, y las que pueden apreciarse en el telescopio de Rosee, a 20.900 años luz, por lo menos (pág. 802).

El propio Secchi se pregunta (pág. 810): cuando se acaben el sol y todo su sistema, "¿existirán en la naturaleza las fuerzas suficientes para retrotraer el sistema extinguido al estado inicial de la nebulosa ígnea y hacer que cobre nuevamente vida? No lo sabemos".[14]

*

Secchi y el papa. [15]

*

Descartes descubrió que las mareas obedecen a la atracción lunar. Y descubrió también, coincidiendo con Snellius, la ley fundamental de la refracción de la luz,* pero bajo una forma peculiar suya, diferente de la de Snellius.[17]

*

Mayer, Mechanische Theorie der Wärme,[18] pág. 328: *Ya Kant ha dicho* que las mareas ejercen una presión retardataria sobre la tierra en rotación (según el cálculo de Adam,[19] la duración del día estelar aumenta actualmente 1/100 de segundo cada mil años).[20]

* *Al margen del manuscrito, junto a este pasaje, aparece la siguiente acotación:* "Discutida por Wolf, pág. 325."[16]

[FISICA]

*

Impulso y *fricción*.[1] La mecánica considera los efectos del impulso como *puramente transitorios*. Pero en la realidad las cosas ocurren de otro modo. En todo impulso se transmuta en calor una parte del movimiento mecánico, y la fricción no es sino una forma del impulso, que transfiere continuamente el movimiento mecánico en calor (el fuego por frotamiento es un fenómeno conocido desde tiempos muy remotos).

*

En la dinámica, *el empleo de la energía cinética* como tal es siempre de dos clases y produce un doble resultado: 1) el trabajo cinético realizado, la producción de la correspondiente cantidad de energía potencial, la cual es siempre, sin embargo, menor que la energía cinética empleada; 2) la superación -fuera de la gravedad- de las resistencias de la fricción, etc., que transforman en *calor* el resto de la energía cinética empleada. Y lo mismo ocurre en la reconversión: según el modo y manera, una parte de la pérdida causada por la fricción, etc., se disipa como calor, y todo esto se conoce desde tiempos muy remotos.[2]

*

La primera concesión, ingenua, es generalmente más certera que la posterior, metafísica. Así, ya *Bacon* (y tras él Boyle, Newton y casi todos los ingleses) sabía que el calor era movimiento (Boyle lo concebía ya como movimiento molecular). Es al llegar el siglo XVIII cuando en Francia se admite el *calorique* [la materia-calor], concepción más o menos aceptada en el continente.[3]

*

Conservación de la energía.[4] La constancia *cuantitativa* del movimiento fue formulada ya por Descartes, y además casi en las

mismas palabras que ahora por? (Clausius, Robert Mayer?) En cambio, la mutación *de forma* del movimiento no se descubrió hasta 1842, y esto, y no la ley de la constancia cuantitativa, es lo nuevo.

*

Fuerza y conservación de la fuerza.[5] Citar los pasajes de J. R. Mayer, en sus dos primeros estudios, frente a Helmholtz [6]

*

Fuerza.[7] Hegel *(Geschichte der Philosophie*, I, pág. 208) dice: "Es mejor decir que el imán tiene un *alma"* (como lo dice Tales) "que no que posee la *fuerza* de atraer; la fuerza es una clase de cualidad que, *separable de la materia,* puede representarse como un predicado; el alma, en cambio, *este movimiento de sí mismo, identificado con la naturaleza de la materia".*[8]

*

Hegel concibe como algo idéntico la fuerza y su manifestación, la causa y el efecto, y así lo demuestra el cambio de forma de la materia, en que la equivalencia se halla matemáticamente demostrada. Ya se había reconocido previamente en la medida, al medir la fuerza por su manifestación y la causa por su efectos.[9]

*

Fuerza.[10] Si un movimiento cualquiera se transfiere de un cuerpo a otro, puede considerarse el movimiento, *en cuanto se transfiere,* en cuanto es activo, como la causa del movimiento, *en cuanto es transferido,* pasivo, en cuyo caso esta causa, el movimiento activo, aparece como *fuerza* y el pasivo como su *manifestación.* Según la ley de la indestructibilidad del movimiento, se infiere de aquí, por sí mismo, que la fuerza tiene exactamente la misma magnitud que su manifestación, puesto que es *el mismo movimiento* el que se contiene en una y en otra. Ahora bien, el movimiento que se transfiere puede, más o menos, determinarse de un modo cuantitativo, ya que se manifiesta en dos cuerpos, uno de los cuales puede servir de unidad de medida para medir el movimiento en el otro. La mensurabilidad del movimiento da su valor fuerza a la categoría, que de otro modo no tendría ninguno. Por tanto, cuanto más sea así, más podrán emplearse en la investigación las categorías de fuerza y manifestación. De aquí, en

efecto, que en la mecánica, en la que las fuerzas se descomponen todavía más, se las considere como compuestas, obteniendo con ello, a veces, nuevos resultados, pero sin que, al hacerlo, deba perderse nunca de vista que se trata de una operación puramente mental; al aplicar a fuerzas realmente simples la analogía de fuerzas realmente compuestas, tal como se las expresa en el paralelogramo de las fuerzas, no se convierte a las primeras, por este solo hecho, en fuerzas compuestas. Y lo mismo en la estática. Y así también en la transmutación de otras formas de movimiento en formas mecánicas (calor, electricidad, magnetismo en la atracción del hierro), donde el movimiento originario puede medirse en el efecto mecánico producido. Pero, ya en estos casos, en los que observamos simultáneamente diferentes formas de movimiento, se revela la limitación de la categoría o de la abreviatura *fuerza.* A ningún físico normal se le ocurriría llamar ya simples *fuerzas* a la electricidad, el magnetismo o el calor, como tampoco las llamaría *materias* o imponderables. Si sabemos en qué cantidad de movimiento mecánico se transmuta una determinada cantidad de movimiento calórico, nada sabemos todavía acerca de la naturaleza del calor, por mucho que para investigarla sea necesario indagar estas transmutaciones. El último paso de avance de la física es el concebir el calor como una forma de movimiento, con lo que se anula en él la categoría fuerza: en ciertos respectos -los de la transición- se las puede considerar[11] como fuerzas y medirlas, de ese modo. Medir, por ejemplo, el calor por la dilatación del cuerpo calentado. Si, en este caso, el calor no se transfiera de un cuerpo a otro -al que sirve de medida-, es decir, si no se alterase el calor del cuerpo por el que medimos, no podría hablarse de medición, de cambio de magnitud. Se dice simplemente que el calor dilata los cuerpos; en cambio, el decir que el calor tiene la fuerza de dilatar los cuerpos sería una pura tautología, y si afirmásemos que el calor es la fuerza que dilata los cuerpos haríamos una afirmación falsa, 1) porque la dilatación puede producirse de otros modos, por ejemplo en los gases, y 2) porque con ello no expresaríamos exhaustivamente lo que es el calor.

Algunos químicos hablan también de fuerza química, entendiendo por tal la que produce y mantiene en cohesión las combinaciones. Pero, en este caso, no se trata de una verdadera transferencia, sino de la unión de los movimientos de varios cuerpos en uno solo, razón por la cual la "fuerza", aquí, se manifiesta al llegar a su límite. Todavía se la puede medir, sin embargo, por la producción de calor, pero hasta ahora sin grandes resultados. En estos casos, no pasa de ser una frase, como siempre que, en vez de investigar formas de movimiento aún no estudiadas, se *inventa* para explicarlas una llamada fuerza[12] (como cuando, por ejemplo, para

explicar por qué la madera flota sobre el agua se inventa la fuerza de la flotación, cuando se habla de la fuerza de refracción de la luz, etc.), camino por el cual obtenemos tantas fuerzas como fenómenos no explicados hay, y no hacemos otra cosa que traducir a una frase interna un fenómeno externo.[13] (La atracción y la repulsión son más bien excusables, ya que con ellas se compendian una gran cantidad de fenómenos que el físico no sabe explicar bajo un nombre común que sugiere la intuición de una conexión interna.)

Por último, en la naturaleza orgánica la categoría fuerza resulta de todo punto insuficiente, a pesar de la cual vemos que se la emplea a cada paso. Es cierto que se puede llamar fuerza muscular a la acción de los músculos, fijándonos en sus efectos, y también se la puede medir, e incluso podemos concebir como fuerzas otras funciones mensurables, por ejemplo la capacidad digestiva de diferentes estómagos, pero por este camino pronto llegamos *ad absurdum* [a lo disparatado] (por ejemplo, cuando se habla de la fuerza nerviosa); en todo caso, sólo se puede hablar, aquí, de fuerzas en un sentido muy restringido y figurado (como en el dicho usual de cobrar fuerzas). Pero este abuso ha llevado a hablar de una fuerza vital. Si con ello se quiere dar a entender que la forma de movimiento que se da en el cuerpo orgánico es distinta de la fuerza mecánica, física o química y que las abarca todas, superadas, esta manera de expresarse será falsa, y lo será, entre otras razones, principalmente porque la fuerza -presuponiendo la transferencia de movimiento- se representa aquí como algo que se le infunde al organismo desde fuera, que no es inherente a él e inseparable de él, razón por la cual eso que se llama fuerza vital es el último refugio de todos los supernaturalistas.

La falla está: 1) en que la fuerza es tratada, generalmente, como existencia independiente (Hegel, *Naturphilosophie,* pág. 79).[14]

2) Fuerza *latente, en quietud:* esto hay que explicarlo a base de la relación entre el movimiento y la quietud (inercia, equilibrio), donde debe tratarse también del despertar de las fuerzas.

*

Fuerza (v. supra).[15] La transferencia del movimiento sólo se lleva a cabo, naturalmente, cuando se dan *todas* las diferentes condiciones, que, a veces, son muy diversas y complicadas, sobre todo en las máquinas (máquina de vapor, carabina con cerrojo, gatillo, fulminante y pólvora). Si falta *una* de estas condiciones, la transferencia no se.produce, hasta que esta condición se dé. Lo que

podemos representarnos como si la fuerza tuviera que ser *provocada* por esta última condición, como si se hallara *latente* en un cuerpo, en el llamado portador de la fuerza (pólvora, carbón, etc.), cuando, en realidad, para que la transferencia del movimiento se produzca, tienen que darse, además de este cuerpo, todas las demás condiciones.

La representación de la fuerza proviene directamente del hecho de poseer en nuestro propio cuerpo medios para transferir el movimiento que, dentro de ciertos límites, pueden ser puestos en acción por nuestra voluntad, sobre todo los músculos de los brazos, con ayuda de los cuales producimos el desplazamiento mecánico de lugar, el movimiento de otros cuerpos, los levantamos, transportamos, arrojamos, golpeamos, etc., provocando con ello determinados efectos útiles. En estos casos, parece como si el movimiento, en vez de transferirse, se produjese, lo que provoca la creencia de que la fuerza *engendra el movimiento.* Pero ahora está fisiológicamente demostrado que tampoco la fuerza muscular hace otra cosa que transferir el movimiento.

*

Fuerza.[16] Analizar también el aspecto negativo: la resistencia con que tropieza la transferencia de movimiento.

*

Irradiación de calor en el espacio cósmico.[17] Todas las hipótesis de renovación de los cuerpos cósmicos extinguidos introducidas por Lavrov (pág. 199)[18] *incluyen pérdida de movimiento.* El calor ya irradiado, es decir, la parte infinitamente mayor del movimiento originario, se pierde para siempre. En Helmholtz, hasta ahora, 453/454. Se llega, por tanto, a la postre, al agotamiento y a la terminación del movimiento. Y sólo podrá resolverse definitivamente el problema cuando se demuestre cómo se puede llegar a *utilizar* de nuevo el calor irradiado en el espacio cósmico. La teoría de la transformación del movimiento plantea el problema en términos absolutos, sin que podamos pasar de largo por delante de él a fuerza de dar largas al asunto y de escabullirse. Pero el que con ello se den al mismo tiempo las condiciones para su solución *c'est autre chose* [es otra cosa]. La transformación del movimiento y su indestructibilidad sólo se han descubierto hace unos treinta años, y hace muy poco que han llegado a desarrollarse en sus consecuencias. El problema de qué pasa con el calor aparentemente perdido no ha sido *nettement posee* [claramente planteado], digamos, desde 1867 (Clausius).[19] Nada tiene de

extraño qué aún no se haya resuelto, y podría ocurrir que tardásemos bastante en llegar a la Solución, con los pequeños medios de que disponemos. Pero no cabe duda de que se resolverá, con la misma certeza con que sabemos que en la naturaleza no se dan milagros y que el calor originario de la nebulosa ígnea no le fue infundido por un milagro desde fuera del cosmos. Y de nada sirve tampoco la afirmación general de que *la masa de movimiento es infinita*, y por tanto inagotable, por encima de las dificultades de cada caso concreto; tampoco ella conduce a la reanimación de los mundos extinguidos, fuera de los casos previstos en las hipótesis de que se hablaba más arriba, en las que se daba siempre una pérdida de fuerza y, por tanto, solamente en casos temporales. El ciclo no podrá llegar a establecerse hasta que se descubra el modo de volver a utilizar el calor irradiado.[20]

*

Clausius -if correct [si yo lo entiendo bien]- demuestra que el cosmos ha sido creado, ergo que la materia es susceptible de creación, ergo que la fuerza o, respectivamente, el movimiento pueden crearse y destruirse, ergo que toda la teoría de la "conservación de la fuerza" es un disparate, ergo que son también un disparate todas sus deducciones derivadas de ese principio.[21]

*

La tesis II de Clausius puede interpretarse como él quiera. Siempre se producirá pérdida de energía, si no cuantitativamente, sí de un modo cualitativo. *La entropía no puede destruirse por vía natural, pero sí crearse.* Al reloj del mundo hay que darle cuerda, después de lo cual marcha hasta que se pare al equilibrarse las pesas, sin que pueda volver a ponerlo en marcha más que un milagro. La energía empleada para darle cuerda se pierde, por lo menos cualitativamente, y sólo puede producirse mediante un impulso *desde fuera.* Esto quiere decir que el impulso desde fuera fue también necesario al principio, lo que significa que la cantidad del movimiento o de la energía contenida en el universo no es siempre la misma, razón por la cual la energía tiene que ser susceptible de ser creada y, por tanto, también de ser destruida. *Ad absurdum!* [22]

*

Conclusión, para Thomson, Clausius y Loschmidt: *la inversión consiste en que la repulsión se repela a sí misma, retornando así del medio a los cuerpos cósmicos muertos.* Pero en ello se

contiene también la prueba de que la repulsión constituye el lado verdaderamente *activo* del movimiento y la atracción el lado *pasivo*.[23]

*

En el movimiento de los gases -en el proceso de evaporación-, el movimiento de masas se trueca directamente en movimiento molecular. Aquí hay que operar, por tanto, la transferencia .[24]

*

Estados de agregación, puntos nodulares en que los cambios cuantitativos se truecan en cualitativos.[25]

*

Cohesión -ya en los gases negativa-, trueque de la atracción en *repulsión,* la cual sólo es real en el gas y en el éter (?).[26]

*

En el 0° absoluto no es posible ningún gas, se detiene todo movimiento molecular y la menos presión y aquí, por tanto, su propia atracción hace que las moléculas se junten. *Por tanto, un gas permanente, algo inconcebible.*[27]

*

mv^2 demostrado también para una molécula de gas por la teoría cinética del gas. La misma ley rige, por tanto, para el movimiento molecular que para el movimiento de masas; la diferencia entre ambos queda aquí superada.[23]

*

La teoría cinética tiene que demostrar cómo las moléculas que tienden hacia arriba pueden ejercer al mismo tiempo una presión hacia abajo y cómo -suponiendo que la atmósfera sea más o menos permanente con respecto al espacio cósmico-, a pesar de la fuerza de la gravedad, pueden alejarse del centro de la tierra, pero, al llegar a cierta distancia, una vez que la fuerza de la gravedad haya disminuido con arreglo al *cuadrado* de las distancias o resulte paralizada o invertida por él.[29]

Teoría cinética del gas. "En un gas perfecto... se hallan ya tan separadas unas moléculas de otras, que podemos dar de lado a su influencia mutua" (Clausius," pág. 6). *¿Qué es lo que llena los espacios intermedios?* Idem éter.[31] Se formula, pues, aquí el *postulado de una materia no dividida en células moleculares o atómicas.*[32]

*

Carácter antagónico del desarrollo teórico: del *horror vacui*[33] se pasa inmediatamente al absoluto espacio cósmico vacío, y solamente después al *éter.*[34]

*

Eter.[35] Si el éter opone resistencia en general, tiene que oponer resistencia también a la luz y, por tanto, ser impenetrable a la luz, a cierta distancia. Pero el hecho de que el éter *transmite* la luz, sea su *medio,* incluye necesariamente el que opone también resistencia a ella, pues de otro modo no podría la luz hacerlo vibrar. Tal es la solución de los puntos litigiosos suscitados por Mädler[36] y señalados por Lavrov.[37]

*

Luz y tinieblas representan, sin duda alguna, el más clamoroso y manifiesto contraste en la naturaleza, contraste que ha servido siempre de frase retórica, desde el cuarto evangelio hasta las *lumières* [al siglo de las luces]. Fick,[38] pág. 9: "la tesis desde hace ya mucho tiempo rigurosamente demostrada en física... de que la forma de movimiento a que se da el nombre de calor irradiado es en todos sus rasgos esenciales idéntica a la forma de movimiento llamada luz".[39] Clerk Maxwell,[40] pág. 14: "Estos rayos (los del calor irradiado) presentan todas las cualidades físicas de los rayos de luz y pueden producir reflejos, etc... Algunos rayos calóricos son idénticos a los rayos luminosos, mientras que otras clases de rayos calóricos no producen impresión alguna en el ojo humano." Existen, por tanto, rayos de *luz oscuros,* con lo que el famoso contraste entre la luz y las tinieblas desaparece de la ciencia de la naturaleza, en cuanto contraste absoluto. Por lo demás, dicho sea de pasada, lo mismo las sombras más densas que la luz más cruda producen en nuestro ojo la misma sensación de *ceguera,* siendo, por tanto, idénticas *para nosotros.*

La cosa es como sigue: los rayos del sol producen diversos efectos según la longitud de las vibraciones: el calor transferido por la mayor longitud de onda, el transmitido con una luz media y el que tiene la acción química más pequeña (Secchi,41 págs. 632 y sigs.), de tal modo que los puntos máximos de las tres acciones, al

acercarse más y más, hacen que los mínimos *interiores* de los grupos exteriores de rayos coincidan en cuanto a su acción en el mismo grupo de luz.[42] Qué es luz y qué no lo es depende de la estructura del ojo. Los animales nocturnos pueden llegar a ver, incluso, una parte, no de los rayos calóricos, pero sí de los rayos químicos, pues su ojo se adapta a una longitud de onda menor que el nuestro. La dificultad desaparece cuando, en vez de tres clases de rayos, se admite solamente una (y, científicamente, conocemos solamente *una,* ya que todo lo demás no pasa de ser una conclusión precipitada), que puede producir efectos distintos según la longitud de onda, pero todos ellos compatibles dentro de ciertos estrechos límites.[43]

*

Hegel construye la teoría de la luz y del calor a base del pensamiento puro, cayendo con ello en el *más tosco empirismo* de la experiencia del filisteo para andar por casa (aunque hay que decir que con cierta razón, ya que en su tiempo este punto aún no se hallaba esclarecido), por ejemplo cuando cita en contra de Newton las mezclas de colores de los pintores (pág. 314, infra).[44]

*

Electricidad.[45] Sobre los cuentos de ladrones de Thomson v. Hegel,[46] págs. 346-347. donde se dice exactamente lo mismo. En cambio, Hegel explica ya con toda claridad la electricidad por frotamiento como la *tensión,* frente a la teoría del fluido y de la materia eléctrica (pág. 347).[47]

*

Cuando Coulomb habla de "*partículas* eléctricas que repelen unas a otras en proporción inversa al cuadrado de su distancia", Thomson acepta tranquilamente esto, como si se tratase de algo ya demostrado (pág. 358).[48] Y lo mismo (pág. 366) la hipótesis de que la electricidad consiste en "dos fluidos, uno positivo y otro negativo", "cuyas partículas se repelen entre sí". Que la electricidad es retenida en un cuerpo cargado simplemente por la presión de la atmósfera (pág. 360). Faraday situaba la electricidad en los polos opuestos de los átomos (o de las moléculas, lo que aparece todavía muy embrollado), expresando así, por vez primera, que la electricidad no es un fluido, sino una forma de movimiento, una fuerza (pág. 378). ¡Algo que no le cabe en la cabeza al viejo Thomson, que precisamente la chispa es algo *material*!

Faraday había descubierto ya en 1822 que la corriente momentáneamente inducida -lo mismo la primera que la segunda, revertida- "participa más de la corriente producida por la descarga del jarro de Leiden que la que se engendra mediante la batería de Volta", y en eso residía todo el secreto (pág. 385).

Entre las *chispas,* toda suerte de cuentos de ladrones, que ahora conocemos como casos especiales como engaños: que la chispa producida por un cuerpo positivo era una "mecha, pincel o bola de rayos" cuya punta servía de punto de descarga y, en cambio, la chispa negativa una *"estrella"* (pág. 396). Que una chispa corta era siempre blanca y una larga casi siempre rojiza o violácea. (Hermosa necedad de Faraday acerca de las chispas, pág. 400).[49] Que la chispa arrancada al conductor primario [la máquina eléctrica] con una bola de metal era blanca, la arrancada con la mano de color púrpura y la producida mediante la humedad del agua roja (pág. 405). Que la chispa, es decir, la luz, no era "propia de la electricidad, sino solamente el resultado de la compresión del aire". Que el aire resulta *comprimido* violenta y súbitamente cuando lo atraviesa una chispa eléctrica, lo demuestra el experimento llevado a cabo por Kinnersley en Filadelfia, según el cual la chispa es producida por una *"súbita y fina hendidura del aire en el tubo",*[50] que empuja dentro de él al agua (pág. 407). En Alemania, hace unos treinta años, Winterl y otros creían que la chispa o la luz eléctrica tenía "la misma naturaleza que el *fuego*"[51] y se producía mediante la asociación de dos electricidades. Frente a esto, Thomson demostró seriamente que el punto en que convergían las dos electricidades ¡era precisamente el más pobre en luz y 2/3 del extremo positivo y 1/3 del negativo! (págs. 409-410). Salta a la vista que el fuego es todavía, aquí, algo completamente *mítico.*

Con no menos seriedad [cita Thomson] los experimentos de Dessaignes, según los cuales al subir el barómetro y bajar la temperatura el vidrio, la resina, la seda, etc., metidos en mercurio, se electrifican negativamente y, al bajar el termómetro y subir la temperatura, se llenan de electricidad positiva, y en verano, al sumergirse en mercurio sucio se electrifican siempre positivamente y, si se los sumerge en mercurio puro, negativamente; que el oro y otros diversos metales, al calentarse en verano, reaccionan positivamente y al enfriarse en invierno negativamente; que al subir mucho el barómetro y soplar el viento norte se muestran siempre "extraordinariamente eléctricos", con electricidad positiva cuando la temperatura sube, y negativa cuando baja, etc. (pág. 416).

Qué ocurría, en lo tocante al *calor:* "Para producir efectos eléctricocalóricos, no es necesario emplear calor. Todo lo que *altera*

la temperatura en uno de los eslabones de la cadena... [52] causa una desviación en la declinación del imán." ¡Así, el enfriamiento de un metal por el hielo o la evaporación del éter! (pág. 419).

La teoría electroquímica (pág. 438), aceptada como "por lo menos, muy ingeniosa y plausible".

Hacía ya mucho tiempo que Fabroni y Wollaston habían afirmado, y Faraday lo ha sostenido recientemente, que la electricidad voltaica es simple resultado de los procesos químicos, y Faraday ha dado ya, incluso, la explicación certera del desplazamiento atómico que se opera en el líquido, sentando la tesis de que la cantidad de electricidad se mide por la cantidad del producto electrolítico.

Con ayuda de Faraday ha formulado Thomson en forma acabada la ley de "que todo átomo tiene que hallarse rodeado, naturalmente, de la misma cantidad de electricidad, *¡por donde, en este respecto, calor y electricidad son semejantes entre sí!*"[53]

*

Electricidad estática y dinámica.[54] La electricidad estática o de frotamiento es la que pone en tensión la electricidad *acabada* que se halla en la naturaleza en forma de electricidad, pero en estado equilibrado, neutral. Por tanto, la superación de esta tensión se produce -siempre y cuando que la electricidad pueda conducirse transplantándose- de un golpe, mediante la chispa, que restaura el estado neutral.

Por el contrario, la electricidad dinámica o voltaica es la electricidad que se convierte en electricidad por transformación del movimiento químico. Una disolución de cinc, cobre, etc., la produce en ciertas y determinadas circunstancias. En cada momento, vemos que nuevos + y − de electricidad se engendran, partiendo de otra forma de movimiento, que los ± no existentes se disocian en + y −. El proceso es continuo, como lo es también su resultado, la electricidad; no una tensión y descarga momentáneas, sino una corriente continua, que en los polos puede convertirse de nuevo en el movimiento químico de que brotó, lo que se llama electrólisis. En este proceso, lo mismo que en la producción de la electricidad a base de una composición química (caso en el que se libra, en vez de calor, electricidad, y además tanta electricidad como, entre otras circunstancias, calor se libera, Guthrie, pág. 210),[55] es posible seguir la corriente en el líquido (cambio atómico en las moléculas vecinas: tal es la corriente).

Esta electricidad, que es por su naturaleza corriente, no puede, precisamente por esta razón, convertirse directamente en

electricidad de tensión. Pero, por medio de la inducción, cabe ya desneutralizar la electricidad neutral existente como tal. Con arreglo a la naturaleza de la cosa, la inducida tiene que seguir a la inductora y ser también, por tanto, corriente. En cambio, se da aquí manifiestamente la posibilidad de condensar la corriente y convertirla en electricidad de tensión o, mejor dicho, en una forma superior, en la que se combinen las cualidades de la corriente y las de la tensión. Esto se ha resuelto en la máquina de Ruhmskorff, la que suministra una electricidad de inducción que da ese resultado.

*

Un bonito caso de dialéctica de la naturaleza cómo, según la actual teoría, la *repulsión* de polos magnéticos *iguales* es explicada partiendo de la *atracción* de corrientes eléctricas *iguales* (Guthrie, pág. 264).[56]

*

Electroquímica.[57] Al exponer los efectos de la chispa eléctrica, refiriéndolos a la descomposición y reagrupación químicas, dice Wiedemann que esto interesa más bien a la química.[58] Los químicos, en cambio, dicen, ante el mismo caso, que interesa más bien a la física. Así, en el punto tangencial entre la ciencia molecular y la ciencia atómica, ambas se declaran incompetentes, cuando *es aquí donde, en realidad, pueden esperarse mayores resultados.*

*

Fricción e impulso producen un movimiento *interior* de los cuerpos en cuestión, movimiento molecular, diferenciado unas veces como calor, otras como electricidad, etc. *Sin embargo, este movimiento es puramente transitorio: cessante causa cessat effectus* [al cesar la causa, cesa el efecto]. Al llegar a una determinada fase, todos se truecan en un *cambio molecular permanente, el cambio químico.*

[QUIMICA]

La idea de la *materia* real como una *unidad química* -por muy antigua que ella sea- responde por entero a aquella concepción pueril, tan extendida todavía hasta llegar a Lavoisier, de que la afinidad química entre dos cuerpos se basa en el hecho de que cada uno de ellos contenga un tercer cuerpo común (Kopp, *Entwicklung,* pág. 105).[1]

*

Así como ciertos métodos viejos y cómodos, que se ajustaban a la práctica usual anterior, al transferirse a otras ramas se convierten en trabas, así también en la química nos encontramos con que el cálculo del porcentaje de las composiciones constituía el método más indicado para impedir que se descubriera -como, en efecto, lo impidió durante largo tiempo- la proporción constante de las relaciones y la proporción múltiple.[2]

*

En la química se abre una nueva época con la atomística (razón por la cual debemos considerar como el padre de la química moderna a Dalton, y no a Lavoisier), y en la física, congruentemente con ello, con la teoría molecular) (bajo otra forma, pero constituyendo solamente, en lo esencial, el otro lado de este mismo proceso, con el descubrimiento de la transformación de las formas del movimiento). La nueva atomística se distingue de todas las anteriores por el hecho de que (exceptuando a los asnos) no afirma que la materia sea *solamente* discreta, sino que las partes discretas de las diferentes fases (átomos etéreos, átomos químicos, masas, cuerpos celestes, constituyen diversos *puntos nodulares* que condicionan diversos modos *cualitativos* de existencia de la materia general, hasta llegar al punto en que desaparecen la ausencia de gravedad y la repulsión.[3]

*

Trueque de cantidad en cualidad: el ejemplo más sencillo es el del *oxígeno* y el *ozono,* en que la proporción 2 : 3 provoca

propiedades completamente distintas, hasta el olor. Y, asimismo, los demás cuerpos alotrópicos, que la química sólo explica por la diferente cantidad de átomos que entran en las moléculas.[4]

*

Importancia de los nombres.[5] En química orgánica, la significación de un cuerpo y también, por tanto, de su nombre no depende ya solamente de su composición, sino más bien del lugar que ese cuerpo ocupa en la *serie* a la que pertenece. Por tanto, si encontramos que un cuerpo forma parte de tal o cual serie, tendremos que su nombre antiguo se convertirá en un obstáculo para entenderlo, y será necesario sustituirlo por un *nombre de la serie* (parafinas, etc.).

[BIOLOGIA]

Reacción.[1] La reacción mecánica, física *(alias* calor, etc.) se agota con cada acto reactivo. La reacción química hace cambiar la composición del cuerpo que reacciona y sólo se renueva añadiendo una nueva cantidad de él. El cuerpo *orgánico* es el único que reacciona por sí *mismo* -dentro, naturalmente, de sus posibilidades energéticas (sueño) y siempre y cuando que se le suministre alimento-, pero este suministro de alimento sólo surte efecto después de haber sido asimilado y no, como en las fases inferiores, directamente, lo que quiere decir que el cuerpo orgánico posee, aquí, una capacidad *propia* de reacción; es decir, que la nueva reacción tiene que producirse *por medio* de él.

*

Vida y muerte.[2] Ya hoy debe desecharse como no científica cualquier fisiología que no considere la muerte como elemento esencial de la vida (Nota: Hegel, *Enzyklopädie*, I, págs. 152-153),[3] que no incluya la *negación* de la, vida como elemento esencial de la vida misma, de tal modo que la vida se piense siempre con referencia a su resultado necesario, la muerte, contenida siempre en ella en estado germinal. No otra cosa que esto es la concepción dialéctica de la vida. Ahora bien, para quien comprenda que ello es así, carecen de todo sentido las cháchara acerca de la inmortalidad del alma. O bien la muerte es la descomposición del cuerpo orgánico, sin otro residuo que los elementos químicos que formaban su sustancia, o bien deja tras sí un principio de vida, más o menos idéntico al alma, que sobrevive a *todos los* organismos vivos, y no solamente al hombre. Basta, pues, en este punto, con ver claro por medio de la dialéctica, acerca de la naturaleza de la vida y la muerte, para sobreponerse a una ancestral superstición. Vivir es morir.

*

Generatio aequivoca [generación espontánea].[4] Todas las investigaciones anteriores se reducen a lo siguiente: en los líquidos que contienen materias orgánicas en descomposición y que se hallan en contacto con el aire nacen organismos de tipo inferior, protistas, hongos, infusorios. ¿De dónde nacen estos organismos?

¿Nacen por *generatio aequivoca, o* nacen de gérmenes depositados allí por la atmósfera? La investigación queda, por tanto, circunscrita a un campo muy delimitado, al problema de la plasmogonía.[5]

La hipótesis de que los nuevos organismos pueden nacer de la descomposición de otros procede, esencialmente, de la época de la inmutabilidad de las especies. En aquel tiempo, imperaba la necesidad de suponer que todos los organismos, hasta los más complicados, nacían a base de generación originaria, partiendo de materias sin vida, y a menos que se quisiera salir del paso recurriendo a un acto de creación, se caía fácilmente en la creencia de que sería más fácil explicar este proceso partiendo de una materia formativa procedente del mundo orgánico; ya nadie podía pensar, entonces, en que pudiera brotar directamente, por vía química, directamente a base de materia inorgánica, un animal mamífero.

Pero semejante hipótesis se da de bofetones con el estado actual de la ciencia. La química, mediante el análisis del proceso de descomposición de los cuerpos orgánicos muertos, aporta la prueba de que este proceso suministra necesariamente, a medida que se avanza por el mismo camino, productos más muertos aún y que se hallan más cerca del mundo inorgánico, productos cada vez más inservibles para ser utilizados en el mundo orgánico; lo que prueba que a este proceso sólo se le puede imprimir otra dirección, es decir, que sólo puede ser factible semejante utilización si estos productos de descomposición son asimilados a su debido tiempo en un organismo ya existente apropiado para ello. Y el cuerpo que antes se descompone y que hasta ahora no se ha logrado sintetizar es precisamente el vehículo más esencial de la formación de las células, la albúmina.

Más aún. Los organismos de cuya generación originaria, partiendo de líquidos orgánicos, se trata en estas investigaciones, son, aunque inferiores, organismos ya esencialmente diferenciados, bacterias, hongos de levadura, etc., con un proceso de vida formado por varias fases y dotados a veces, como los infusorios, de órganos bastante desarrollados. Todos ellos constan, cuando menos, de una célula. Pero, desde el momento en que conocemos las móneras carentes de estructura, es una necedad querer explicar el nacimiento de una sola célula partiendo directamente de la materia inerte, en vez de hacerlo a base de la albúmina viva carente de estructura, creer que por medio de un poco de agua putrefacta se puede obligar a la naturaleza a hacer en veinticuatro horas lo que le ha costado miles de años conseguir.

Los experimentos de Pasteur[6] en este sentido son estériles: jamás llegará a demostrar a quienes creen en la posibilidad de la generación espontánea, por medio de tales experimentos, que este tipo de generación sea imposible; tienen, sin embargo, su importancia, por cuanto que arrojan mucha luz acerca de estos organismos, de su vida, sus gérmenes, etc.

*

MORITZ WAGNER

"NATURWISSENSCHAFTLICHE STREITFRAGEN", I

(Allgemeine Zeitung de Augsburg, suplementos 6, 7, 8 de octubre de 1874)[7]

En los últimos años de su vida (en 1868), Liebig manifestó a Wagner lo siguiente: "Lo único que podemos afirmar es que la vida es tan antigua y tan eterna como la materia misma, y con esta hipótesis creo que queda resuelto todo el litigio en torno a los orígenes de la vida. En efecto, ¿por qué no hemos de considerar la vida orgánica como algo tan originario como el carbono y sus *combinaciones* (!)[8] o como toda la materia increable e indestructible en general, y como las fuerzas eternamente vinculadas al movimiento de la materia en el espacio cósmico?"

Liebig le dijo, además (Wagner cree que en noviembre de 1868), que también él reputaba "inadmisible" la hipótesis según la cual la vida orgánica fue "importada" en nuestro planeta del espacio cósmico.

Helmholtz (en el prólogo a la edición alemana del *Handbuch der theoretischen Physik* de Thomson, parte II):[9] *"Caso de que fracasaran todos nuestros esfuerzos para producir organismos a base de sustancia inerte,* creo que sería perfectamente correcto preguntarse si es que la vida tuvo un nacimiento o es, por el contrario, tan antigua como la materia, y si sus gérmenes, transferidos de un cuerpo celeste a otro, no se habrán desarrollado dondequiera que se han encontrado con el terreno propicio para ello."

Wagner: "El hecho de que la materia sea indestructible e imperecedera, de que... ninguna fuerza pueda reducirla a la nada, *basta para que el químico la considere también "increable"...* Pero, según la concepción predominante en la actualidad (?), la vida es considerada simplemente como una "propiedad" inherente a ciertos elementos simples de que están formados los organismos inferiores, propiedad que tiene, evidentemente, que ser tan antigua, es decir, tan originaria como estos mismos elementos

fundamentales y sus *combinaciones" (!!)* En este sentido, cabría hablar también de fuerza vital, como lo hace Liebig *(Chemische Briefe,* 4a ed.), "a saber, como de "un principio plasmador que se da en las fuerzas físicas y con ellas"[10] y que no actúa, por tanto, al margen de la. materia. Sin embargo, esta fuerza vital, considerada como una "propiedad de la materia"..., sólo se manifiesta bajo ciertas condiciones adecuadas, que han existido siempre y eternamente en el espacio infinito del universo, en innumerables puntos, pero que necesariamente han tenido que cambiar de sitio con harta frecuencia, en el curso de los diversos períodos de tiempo".

Así, pues, en la tierra en fusión de otro tiempo o en el sol actual no se da la posibilidad de la vida, pero los cuerpos incandescentes tienen atmósferas enormemente extensas, compuestas, según la moderna concepción, de las mismas materias que, en estado de extrema volatilización, llenan el espacio cósmico y se ven atraídas por los cuerpos celestes. La masa nebulosa en rotación a base de la cual se ha desarrollado el sistema solar y que se extendía hasta más allá de la órbita de Neptuno, contenía "también toda el agua (!) evaporada en una atmósfora copiosamente saturada de ácido carbónico (!) hasta llegar a alturas incomensurables, lo que hacía que contuviera también las sustancias básicas necesarias para la existencia (?) de los gérmenes orgánicos inferiores"; en ella, regían "en las más diversas regiones los más diferentes grados de temperatura, razón por la cual debe considerarse como *fundada* la hipótesis de que en algún lugar tuvieron que darse las condiciones necesarias para la vida orgánica. Las atmósferas de los cuerpos celestes, lo mismo que las de las masas nebulosas cósmicas en rotación, deben considerarse, por tanto, como las cámaras permanentes de conservación de la forma viva, como los viveros eternos de los gérmenes orgánicos". Las protistas más diminutas que viven, con sus gérmenes invisibles, siguen llenando en masa la atmósfera por debajo del Ecuador, en la Cordillera, hasta una altura de 16.000 pies. Perty dice que se hallan "presentes casi por doquier". Sólo se las echa de menos allí donde las mata el calor tórrido. Para ellas (para las vibriónidas, etc.) la existencia "es concebible, por tanto, aun dentro de la órbita de vapor de *todos* los cuerpos celestes", "dondequiera que se den las condiciones adecuadas".

"Según Cohn, las bacterias... son tan imperceptibles que en un milímetro cúbico caben 633 millones, y 636.000 millones de ellas pesan solamente un gramo. Y los micrococos son aún más diminutos", sin ser todavía, posiblemente, los más pequeños de todos. Tienen, sin embargo, las formas más diversas, pues "las vibriónidas son tan pronto esféricas como ovoides y se presentan unas veces en forma de bastón y otras en forma espiral" (lo que

quiere decir que la forma encierra ya, aquí, cierto valor). "Hasta ahora, no se ha aducido ninguna objeción valedera contra la hipótesis fundada de que, partiendo de estos primitivos seres neutros, los más simples de todos (!!) o de otros semejantes, que oscilan entre el animal y la planta..., y tomando como base la variabilidad individual y la capacidad para transmitir por herencia a los descendientes los nuevos caracteres adquiridos, al cambiar las condiciones físicas de los cuerpos celestes y al separarse en el espacio las variedades individuales nacientes, *pudieron y debieron* desarrollarse, en el curso de largos períodos de tiempo, los más diversos seres vivos altamente organizados pertenecientes a ambos reinos naturales."

Notable prueba de hasta qué punto era Liebig un diletante en el campo de la biología, a pesar de ser ésta una ciencia muy afín a la química. No leyó a Darwin hasta 1861, y mucho más tarde todavía los importantes trabajos biológicos y paleontológico-geológicos que vinieron después de Darwin. A Lamarck no "lo leyó nunca". "Y asimismo desconocía totalmente las importantes investigaciones especiales sobre paleontología de L. von Buch, d'Orbigny Münster, Klipstein, Hauer y Quenstedt sobre los cefalópodos fósiles, que han venido a esclarecer de un modo tan magnífico la conexión genética entre las diversas especies. Todos estos investigadores... viéronse empujados por la fuerza de los hechos y casi en contra de su voluntad a la hipótesis lamarckiana de la descendencia", y todo ello *ya antes* de que viera la luz la obra de Darwin. "Por consiguiente, la teoría de la descendencia había ido echando ya, silenciosamente, raíces en aquellos investigadores que se ocupaban más a fondo del estudio comparado de los organismos fósiles... L. von Buch, ya en 1832, en su estudio *Ueber die Ammoniten und ihre Sonderung in Familien* ["Sobre los amonitas y su diferenciación en familias"], y en 1848, en una comunicación leída en la Academia de Ciencias de Berlín, había "introducido en la ciencia de la paleontología (!) la idea lamarckiana de la afinidad típica de las formas orgánicas, como signo de su descendencia común". Y, basándose en su estudio sobre los amonitas, podía declarar, en 1848, lo siguiente: "la desaparición de formas viejas y la aparición de otras nuevas no es el resultado de una destrucción total de las especies organizadas, sino *que la formación de nuevas especies a base de las formas anteriores sólo obedece, según lo más probable, a las nuevas condiciones de vida"*.[11]

Glosas. La anterior hipótesis de la "vida eterna" y la importación presupone lo siguiente

1. La eternidad de la albúmina.

2. La eternidad de las formas primigenias partiendo de las cuales puede desarrollarse todo lo orgánico. Ambas cosas son inadmisibles.

Sobre 1. La afirmación de Liebig de que las combinaciones de carbono son tan eternas como el carbono mismo resulta dudosa, por no decir que es totalmente falsa.

a) ¿Es el carbono un elemento simple? De otro modo, no podría ser eterno, en cuanto tal.

b) Las combinaciones del carbono son eternas, en el sentido de que, bajo condiciones iguales de mezcla, temperatura, presión, tensión eléctrica, etc., se reproducen siempre. Lo que hasta ahora no ha afirmado nadie es que, por ejemplo, las combinaciones más simples del carbono, CO_2 o CH_4 sean eternas en el sentido de que existan en todos los tiempos y, sobre poco más o menos, en todos los lugares, y no en el sentido de que se reproduzcan constantemente, para desaparecer de nuevo a cada paso, naciendo de sus elementos y retornando a ellos. Si la albúmina viva es eterna en el sentido en que lo son las otras combinaciones del carbono, no sólo deberá desarrollarse constantemente en sus elementos simples, como es evidente que se desarrolla, sino que deberá, además, reproducirse constantemente partiendo de los elementos simples y sin contar con el concurso de la albúmina ya constituida, que es cabalmente lo contrario del resultado al que llega Liebig.

c) La albúmina es la combinación del carbono más inestable que conocemos. Se descompone en cuanto pierde la facultad de cumplir las funciones propias de ella y a que damos el nombre de vida, situación a que se halla abocada, más tarde o más temprano, por virtud de su propia naturaleza. ¿Y es precisamente esta combinación de la que se nos dice que es eterna y que puede, dentro del espacio cósmico, sobrevivir a todos los cambios de temperatura y presión, a la ausencia de alimento y de aire, etc., cuando su límite superior de temperatura es ya tan bajo, inferior a 100° C? Las condiciones de existencia de la albúmina son infinitamente más complicadas que las de cualquier otra combinación de carbono de cuantas conocemos, ya que se trata de explicar no solamente funciones físicas y químicas nuevas, sino también funciones de nutrición y de respiración que exigen un medio estrictamente delimitado desde el punto de vista físico y químico, ¿y podemos creer que esta albúmina se haya conservado por toda una eternidad y a través de todos los cambios posibles? "Entre dos hipótesis, *ceteris paribus"* [suponiendo que todo lo demás permanezca igual], Liebig "prefiere la más simple", pero puede ocurrir que algo parezca muy simple y sea, en realidad, muy complicado. Y la hipótesis de series innumerables y continuas de cuerpos albuminoides vivos que proceden eternamente los unos de los

otros, de tal modo que, en cualesquiera circunstancias, queda siempre algo, lo bastante para que el stock permanezca bien abastecido, es cosa más complicada del mundo. Además, las atmósferas de los cuerpos celestes y, en particular, las atmósferas de las nebulosas, se hallaban en su origen bajo temperaturas de ignición, razón por la cual no había lugar para la existencia de cuerpos albuminoideos. Por donde llegaríamos, en fin de cuentas, a la conclusión de que el espacio cósmico es o debe ser el gran receptáculo de la vida, ¡un receptáculo sin aire y sin alimento y en el que reina una temperatura en la cual podemos asegurar que ninguna albúmina puede ejercer sus funciones ni conservarse!

Sobre 2. Los vibriones, los micrococos, etc., de que aquí se habla son seres ya bastante diferenciados, grumos de albúmina que han segregado una membrana, pero *sin núcleo.* Ahora bien, la serie susceptible de evolución de los cuerpos albuminoideos crea *primeramente el núcleo* y se convierte en célula; la membrana celular constituye luego un progreso ulterior *(Amoeba sphaerococcus)*. Los organismos que aquí nos interesan pertenecen, por tanto, a una serie que, a juzgar por analogía con todo lo que hasta ahora conocemos, se pierde estérilmente en un callejón sin salida y no puede contarse entre los antepasados de los organismos superiores.

Lo que Helmholtz dice de la esterilidad de cuantas tentativas se han hecho para producir artificialmente la vida es sencillamente pueril. *La* vida es el modo de existencia de los cuerpos albuminoideos, cuya nota esencial consiste en un *intercambio permanente de sustancias con la naturaleza exterior que los rodea* y que, al cesar este intercambio, dejan también de existir, entrando la albúmina en estado de desintegración.* Si alguna vez se consiguiera sintetizar químicamente cuerpos albuminoideos, inmediatamente presentarían manifestaciones vitales y realizarían intercambios de sustancias, por muy tenues y efímeros que fuesen. Pero lo que sí podemos asegurar es que estos cuerpos tendrían, *cuando más,* la forma de las móneras más rudimentarias, y probablemente formas todavía inferiores a ellas. No podrían llegar a revestir, en todo caso, la forma de los organismos ya diferenciados a través de una evolución milenaria y que, a lo largo de ella, han llegado a aislar la membrana del contenido interno y a plasmarse con

* Este intercambio de sustancias puede darse también en los cuerpos inorgánicos y, a la larga, se da en todas partes, ya que en todas partes se producen efectos químicos, por muy lentos que ellos sean. Pero la diferencia está en que, tratándose de cuerpos inorgánicos, el intercambio de sustancias los destruye, mientras que en los cuerpos orgánicos este intercambio constituye precisamente la condición necesaria de su existencia. [*Nota de Engels.*]

una determinada estructura hereditaria. Sin embargo, mientras no sepamos más de lo que actualmente sabemos acerca de la composición química de la albúmina, no podemos pensar, probablemente antes de que pase un siglo, en sintetizarla artificialmente y, en estas condiciones, resulta ridículo lamentarse del fracaso de nuestros esfuerzos.

A la afirmación que acabamos de hacer de que el intercambio de sustancias constituye la actividad característica de los cuerpos albuminoideos podría objetarse remitiéndose al crecimiento de las "células artificiales" de Traube. Pero esto no valdría, ya que aquí sólo se produce un fenómeno de absorción de un líquido por endósmosis, sin modificación alguna, mientras que en el intercambio de sustancias se trata de la absorción de cuerpos cuya composición química se modifica, que el organismo asimila y cuyos residuos son eliminados al mismo tiempo que los productos de descomposición del organismo mismo resultantes del proceso vital.* La importancia de las "células" de Traube estriba en que nos revelan la endósmosis y el crecimiento como dos fenómenos que podemos también poner de manifiesto en la naturaleza inorgánica y sin carbono alguno.

Los grumos de albúmina recién nacidos tienen que haber sido capaces de nutrirse de oxígeno, de ácido carbónico, de amoniaco y de algunas sales disueltas en el agua que los rodeaba. No contaban allí con alimentos orgánicos, puesto que no podían devorarse unos a otros. Y ello demuestra hasta qué punto representan ya una etapa superior a ellos, aunque carezcan de membrana, las móneras actuales, que viven de diatomeas, es decir, que presuponen la existencia de toda una serie de organismos va diferenciados.

*

Dialéctica de la naturaleza - referencias.[12]

"Naturaleza", núms. 294 y sigs. Allman on Infusoria [Allman sobre los infusorios].[13] Monocelulares, importante.

Croll on Ice Periods and Geological Time [Croll sobre los períodos glaciares y el tiempo geológico].[14]

"Naturaleza", núm. 326, Tyndall sobre Generatio [generación][15] Putrefacción específica y experimentos de fermentación.

* N. B. -Del mismo modo que nos vemos obligados a hablar de vertebrados sin vértebras, aquí tenemos necesariamente que dar el nombre de organismo al grumo de albúmina no organizado, amorfo, indiferenciado. Esto es posible *dialécticamente,* pues así como en la cuerda dorsal se contiene ya, en germen, la columna vertebral, el grumo de albúmina recién nacido lleva ya implícita *"en si",* como en germen, toda la serie infinita de los organismos superiores. [*Nota de Engels*.]

Protistas.[16] 1*)* Son acelulares y comienzan por el simple grumo de albúmina, que extiende y recoge seudópodos bajo esta o la otra forma, por la mónera. No cabe duda de que las móneras que hoy conocemos se diferencian mucho de las originarias, ya que viven en su mayor parte de materia orgánica, absorben diatomeas e infusorios (es decir, cuerpos superiores a ellos y que han surgido más tarde y tienen, como [demuestra] la tabla I de Haeckel,[17] una historia evolutiva y pasan a través de la forma de zoosporas acelulares. Nos encontramos ya aquí con la tendencia a la forma, propia de todos los cuerpos albuminoideos. Esta tendencia se manifiesta, además, en los foraminíferos acelulares, que segregan conchas completamente artificiales (¿anticipos de colonia? Corales, etc.) y se anticipan por su forma a los moluscos superiores, lo mismo que las algas tubulares (sifóneas) preforman el tronco, el tallo, la raíz y la forma de la hoja de las plantas superiores, a pesar de que no son otra cosa que albúmina carente de estructura. Debemos, por tanto, separar la protoameba de la ameba.*

2) De una parte, se forma la diferencia entre la piel (ectosarco) y la capa medular (endosarco) en el heliozoario llamado *Actinophrys Sol* (Nicholson,[18] pág. 49). La capa epidérmica emite seudópodos (en la *Protomyxa aurantiaca,* esta etapa se da ya como fase de transición, véase Haeckel, tabla I). Por esta vía de evolución no parece que haya llegado muy lejos la albúmina.

3) De otra parte, se diferencian en la albúmina el *núcleo* y el *nucleolo*: amebas desnudas. A partir de aquí, avanza rápidamente la plasmación de la forma. Semejante a ésta es la evolución de la célula joven en el organismo; cfr. acerca de esto *Wundt* (al principio).[19] En la *Amoeba sphaerococcus,* al igual que en la *Protomyxa,* la formación de la membrana celular es solamente una fase de transición, pero ya aquí apunta la. circulación de la vacuola contráctil.[20] Y muy pronto nos encontramos o bien con conchas de arena aglutinada (*Diffugia*, Nicholson,[21] pág. 47), como ocurre en los gusanos y en las larvas de los insectos, bien con una concha realmente segregada. Por último,

4) La *célula con membrana celular permanente.* Según la dureza de la membrana celular, saldrá de aquí, según Haeckel[22] (pág. 382), la planta o el animal, lo segundo cuando la membrana sea blanda (aunque la cosa no deba, ciertamente, interpretarse en un

* *Al margen del manuscrito, Engels anotó, a la altura de este párrafo, lo siguiente:* "La individualización es insignificante: se distinguen una de otra, pero también se confunden."--*N. del ed.*

sentido tan general).Con la membrana celular aparece la forma determinada y, al mismo tiempo, plástica. Y volvemos a encontrarnos aquí con la diferencia entre la membrana celular simple y la concha segregada. Pero (a diferencia del punto 3) con esta membrana y esta concha *cesa la emisión de seudópodos.* Repetición de formas anteriores (zoosporos) y variedad de formas. Forman el punto de transición los laberintulados (Haeckel, página 385), que lanzan sus seudópodos al exterior y se desplazan reptando en esta red y modificando en cierta medida su forma en la de haz. Las gregarinas anuncian ya el tipo de vida de los *parásitos* superiores -algunas de ellas no son ya células aisladas, sino *agrupaciones* de células (Haeckel, pág. 451), pero que sólo contienen dos o tres células, un conato abortado. Los organismos unicelulares alcanzan su evolución más alta en los infusorios, en aquellos que son *realmente* unicelulares. Aquí nos encontramos ya con una diferenciación importante (véase Nicholson). Nuevamente colonias y animales-plantas[23] *(Epistylis)*. Y lo mismo, en las plantas unicelulares, un elevado desarrollo de la forma (desmidiáceas, Haeckel, pág. 410).

5) La etapa siguiente en el desarrollo progresivo es la combinación de varias células para formar *un* cuerpo, no ya una colonia. Primeramente, los catalácteos de Haeckel, la *Magosphaera planula* (Haeckel, pág. 384), en que la agrupación de células no es más que una fase de desarrollo. Pero también aquí vemos que ya no existen seudópodos (Haeckel no dice con precisión si han dejado de existir en cuanto fase de transición). De otra parte, los radiolarios, también conglomerados de células no diferenciadas, retienen en cambio los seudópodos y desarrollan hasta el máximo la regularidad geométrica de la concha, que desempeña ya un papel en los rizopodios auténticamente unicelulares: la albúmina se rodea, por así decirlo, de su forma cristalina.

6) La *Magosphaera planula* forma la transición hacia la *planula* y la *gastrula,* etc., propiamente dichas. V. lo que sigue en Haeckel (págs. 452 y sigs.).[24]

El batibio.[25] Las piedras que hay en su cuerpo demuestran que la forma primitiva de la albúmina, todavía sin diferenciación ninguna de forma, lleva ya en sí el germen y la capacidad de la formación del esqueleto.[26]

* *Al margen del manuscrito, Engels escribió a la altura de este párrafo lo siguiente*: "Atisbo de una diferenciación superior." -*N. del ed.*

El individuo.[27] También este concepto se reduce a una serie de elementos puramente relativos. Cormo,[28] colonia, gusano y, de otra parte, célula y metámero [29] en cuanto individuos en cierto sentido (antropogenia[30] y morfología).[31]

*

Toda la naturaleza orgánica es una continua prueba de la identidad o carácter inseparable de forma y contenido. Fenómenos morfológicos y fisiológicos, forma y función se condicionan mutuamente. La diferenciación de la forma (célula) condiciona la diferenciación de la materia en el músculo, la piel, los huesos, el epitelio, etc., y la diferenciación de la materia condiciona, a su vez, la diferenciación de la forma.[32]

*

Repetición de las formas morfológicas en todas las fases de la evolución: formas celulares (las dos esenciales se dan ya en la gástrula);[33] formación de metámeros, al llegar a cierta fase: anulados, artrópodos, vertebrados. En los renacuajos de los anfibios se repite la forma primitiva de la larva de los ascidios. Diferentes formas de marsupiales, que se repiten en los placentarios (aunque sólo se tomen en consideración los marsupiales que todavía viven).[34]

*

Hay que admitir, en lo que se refiere a toda la evolución de los organismos, la ley de la aceleración en proporción al cuadrado de la distancia que separa en el tiempo esta evolución de su punto de partida. Cfr. en Haeckel, *Schöpfungeschichte* ["Historia de la creación"][35] y *Anthropogenie* ["Antropogenia"],[36] las formas orgánicas que corresponden a las distintas eras geológicas. La rapidez aumenta a medida que se asciende.[37]

*

Poner de manifiesto la teoría de Darwin como la demostración práctica de la exposición hegeliana de la conexión interna entre necesidad y casualidad.[38]

*

La *lucha por la existencia.*[39] Ante todo, debe limitarse estrictamente a las luchas que provoca la *superpoblación* vegetal y animal, luchas que se producen, de hecho, en el reino vegetal y en

ciertas fases inferiores del animal. Pero de esto hay que distinguir rigurosamente las condiciones en que las especies se transforman, en que especies viejas se extinguen y dejan el sitio a otras nuevas, desarrolladas, sin que medie tal superpoblación: por ejemplo, en la emigración de animales y plantas a nuevas regiones, en las que las nuevas condiciones climáticas, del suelo, etcétera, se encargan de provocar el cambio. Si, *en esas condiciones*, los individuos que se adaptan sobreviven y, por medio de una creciente adaptación, se desarrollan hasta formar una nueva especie, mientras otros individuos más estables agonizan y acaban extinguiéndose, desapareciendo con ellos las fases intermedias imperfectas, esto puede producirse y se produce *sin ninguna clase de maltusianismo*, y aun suponiendo que lo hubiera, ello no haría cambiar para nada el proceso, sino que simplemente, a lo sumo, lo aceleraría. Otro tanto ocurre con motivo del cambio progresivo de las condiciones geográficas, climáticas, etc., en determinado territorio (desecación del Asia Central, por ejemplo). El hecho de que la población animal o vegetal se halle o no en condiciones de penuria es indiferente; tanto en uno como en otro caso, se opera el proceso de desarrollo de los organismos por los cambios geográficos, climáticos o de otro tipo. Y lo mismo sucede en la selección natural, en la que tampoco desempeña ningún papel real el maltusianismo.

De ahí también que "la adaptación y la herencia" de Haeckel puedan explicar todo el proceso de la evolución, sin necesidad de recurrir a la selección ni al maltusianismo.

Es cabalmente un error de Darwin el mezclar y confundir en la "natural selection *or* the survival of the fittest [selección natural *o* la supervivencia de los más aptos] dos cosas totalmente distintas:

1) La selección bajo la presión de la superpoblación, donde es posible, que sean los más fuertes los primeros que sobrevivan, pero en que éstos se revelen también como los más débiles, desde muchos puntos de vista.

2) La selección debida a una capacidad mayor de adaptación a *nuevas condiciones,* en que los sobrevivientes se adaptan mejor a éstas; pero esta adaptación puede significar, en su conjunto, tanto un progreso como una regresión (así, por ejemplo, la adaptación a la vida parasitaria representa *siempre* una regresión).

Lo fundamental, aquí, es que todo progreso en la evolución orgánica constituye al mismo tiempo un retroceso, desde el momento en que, al fijar una evolución *unilateral,* excluye la posibilidad de la evolución en muchas otras direcciones.

Pero esto constituye una *ley fundamental.*

Struggle for life [Lucha por la vida].[40] Hasta Darwin, los partidarios modernos de esta teoría insistían precisamente en la cooperación armónica que reinaba en la naturaleza orgánica, en cómo el reino vegetal suministra a los animales alimento y oxígeno, mientras que éstos aportan a las plantas abono, amoniaco y ácido carbónico. Pero, tan pronto como se reconoció la doctrina de Darwin, los mismos que antes hablaban de armonía no veían en todas partes más que *lucha.* Ambas concepciones tienen su razón de ser dentro de estrechos límites, pero ambas son también igualmente unilaterales y limitadas. La acción mutua entre los cuerpos inanimados de la naturaleza entraña conjuntamente armonía y colisión; la que media entre los seres vivos implica la cooperación consciente e inconsciente y la lucha inconsciente o deliberada. Así, pues, ya en el mundo de la naturaleza no vale levantar exclusivamente y de un modo unilateral la bandera de la "lucha". Y lo que resulta ya perfectamente pueril es empeñarse en subordinar toda la multiforme riqueza del desarrollo y de la complejidad históricos a esa frase tan pobre y tan limitada de la "lucha por la existencia". Frase que no dice nada y menos aún que nada.

Toda la teoría darvinista de la lucha por la existencia es, pura y simplemente, la teoría del *bellum omnium contra omnes* [guerra de todos contra todos] de Hobbes, la teoría de los economistas burgueses sobre la competencia y la teoría maltusiana de la población, llevadas de la sociedad a la naturaleza viva. Una vez realizado este juego de manos (cuya incondicional legitimidad sigue siendo muy dudosa, sobre todo en lo que se refiere a la teoría maltusiana), resulta muy fácil retrotraer de nuevo estas teorías de la historia natural a la historia social y, con un candor en verdad excesivo, sostener que, al hacerlo así, se ha dado a estas afirmaciones el valor de leyes naturales eternas de la sociedad.

Aceptemos por un momento, for argument's sake [para fines de argumentación], la frase de lucha por la existencia. El animal llega, a lo sumo, a actos de *recolección;* el hombre, en cambio, *produce,* crea medios de vida en el más amplio sentido de la palabra, medios de vida que sin él jamás habría llegado a producir la naturaleza. Ya esto por sí solo hace imposible transferir, sin más, a la sociedad humana las leyes de vida de las sociedades animales. La producción no tarda en hacer que la llamada struggle for existente [lucha por la existencia] no gire ya solamente en torno a los medios de vida propiamente dichos, sino también en torno a los medios de disfrute y de desarrollo. Y aquí -tratándose de los medios de desarrollo producidos por la sociedad- resultan

ya absolutamente inaplicables las categorías tomadas del mundo animal. Por último, al llegar al régimen capitalista de producción, ésta se remonta a una altura tal, que la sociedad ya no puede consumir los medios de vida, disfrute y desarrollo producidos, por una razón, a saber: que a la gran masa de los productores se les cierra, artificial y violentamente, el acceso a ellos; y así, cada diez años, tiene que venir una crisis a restablecer el equilibrio perturbado, destruyendo no solamente los medios de vida, disfrute y desarrollo producidos, sino también una gran parte de las mismas fuerzas productivas; es decir, que la llamada lucha por la existencia reviste, en estas condiciones, *la siguiente* forma: *proteger* los productos y las fuerzas productivas producidos por la sociedad burguesa contra la acción destructora y devastadora de este mismo orden social capitalista, arrebatando la dirección de la producción y la distribución sociales de manos de la clase capitalista, incapacitada ya para gobernarlas, y entregándola a la masa productora, lo que equivale a llevar a cabo la revolución socialista.

Por sí sola, la concepción de la, historia como una serie de luchas de clases es mucho más rica en contenido y más profunda que la simple reducción a las diferentes fases, poco variadas entre sí, de la lucha por la existencia.

*

Vertebrados.[41] Su característica esencial consiste en la *agrupación de todo el cuerpo en torno al sistema nervioso.* Ello entraña la posibilidad de desarrollo hasta llegar a la conciencia de sí mismo, etc. En todos los demás animales, el sistema nervioso es accesorio; aquí, en cambio, constituye el fundamento de toda la organización. El sistema nervioso, desarrollándose hasta cierto grado -mediante la prolongación hacia atrás del ganglio cervical de los gusanos-, se apodera de todo el cuerpo y lo organiza a tono con sus necesidades.

*

Cuando Hegel pasa de la vida al conocimiento por medio de la fecundación (procreación),[42] en ello se contiene ya en germen la teoría de la evolución, según la cual, partiendo de la vida orgánica como de algo dado, tiene necesariamente que desarrollarse, a través del desarrollo de las generaciones, hasta llegar a una generación de seres pensantes.[43]

*

Lo que Hegel llama la acción mutua es el *cuerpo orgánico,* que forma también, por tanto, el tránsito a la conciencia, es decir, de la necesidad a la libertad, al concepto (véase Lógica. II, final).[44]

*

Conatos en la naturaleza:[45] los Estados de los insectos (que, ordinariamente, no van más allá de las relaciones puramente naturales): aquí se da incluso un conato social. Idem los animales productores con órganos herramientas (las abejas, etc., los castores); se trata siempre, sin embargo, de cosas accesorias y que no influyen sobre el conjunto de la situación. Ya antes: las colonias de corales y de hidrozoos, en las que el individuo constituye, a lo sumo, una fase de transición y la community [comunidad] corpórea es, en la mayoría de los casos, una etapa del pleno desarrollo. Véase Nicholson.[46] Y lo mismo ocurre con los infusorios, la forma más alta y en parte muy diferenciada que *una* célula puede revestir.

*

El trabajo.[47] La teoría mecánica del calor transfiere esta categoría de la economía a la física (pues, desde el punto de vista fisiológico, dista mucho todavía de hallarse científicamente determinada); pero, al mismo tiempo, aparece determinada de un modo muy distinto, como se desprende del hecho de que solamente pueda expresarse en kilogramos-metros una parte muy pequeña y poco importante del trabajo económico (levantamiento de cargas, etc.). Sin embargo, tendencia a retransferir el concepto termodinámico de trabajo a ciencias de las que ha sido tomada esta categoría, pero con una determinación distinta, por ejemplo a identificarla burdamente y sin limitación con el trabajo fisiológico, como ocurre en la experiencia del Faulhorn[48] llevada a cabo por Fick y Wislicenus y en la que la elevación de un cuerpo humano *disons* [digamos] de 60 kg. a una altitud *disons* [digamos] de 2.000 metros, o sea en 120.000 kg., tendría, a juicio de estos investigadores, que expresar el trabajo fisiológico realizado. Pero representa una diferencia enorme, en cuanto al trabajo fisiológico realizado, el cómo se efectúe esta elevación, ya sea que la carga se levante directamente, trepando por escaleras verticales, o subiendo un camino o escalera de 45° de inclinación (= terreno militarmente impracticable), o por un camino con una inclinación de 1/18 y, por tanto, de 36 km. de largo (aunque este caso es dudoso, si para todos se conoce el mismo tiempo). Pero de un modo o de otro, no cabe duda de que, en todos los casos viables, se requiere también un movimiento de impulso hacia arriba, impulso además bastante considerable si se trata de un camino en línea recta y que, como trabajo fisiológico, no puede considerarse igual a cero. Hay quienes parecen complacerse en retransferir a la economía la

categoría termodinámica de trabajo, como hacen los darvinistas con la lucha por la existencia, lo que sólo conduciría a un resultado absurdo. ¡Que alguien intente reducir cualquier clase de skilled labour [trabajo calificado] a kilográmetros y determinar el salario sobre esta base! Fisiológicamente considerado, el cuerpo humano cuenta con órganos que, en su conjunto y *en cierto aspecto,* pueden considerarse como máquinas termodinámicas, mediante las cuales una cantidad de calor se convierte en movimiento. Pero, aun suponiendo que se dieran las mismas condiciones en los otros órganos del cuerpo, el problema está en saber si un trabajo fisiológico realizado, incluso el levantamiento de un cuerpo, puede expresarse totalmente en kilogramos-metros, desde el momento en que simultáneamente se efectúa en el cuerpo una función *interna,* que no se manifiesta en el resultado. En efecto, el cuerpo no es una simple máquina de vapor expuesta solamente al frotamiento y el desgaste. El trabajo fisiológico sólo puede llevarse a cabo mediante constantes transposiciones químicas realizadas en el cuerpo mismo y que dependen también del proceso de la respiración y del funcionamiento del corazón. Toda contracción o relajación muscular produce en los nervios y en los músculos modificaciones químicas que no es posible equiparar a las que sufre el carbón en la máquina de vapor. Cabe comparar entre sí dos trabajos fisiológicos realizados en circunstancias iguales, pero no es posible medir el trabajo físico del hombre con arreglo al de una máquina de vapor, etc.; tal vez se puedan comparar sus resultados externos, pero no los procesos mismos, sin hacer reservas muy importantes.

(Todo esto debe ser revisado a fondo.)